

# Ueber die Fortschritte der Ausbildung des neuen regulirten Donau-Strombettes bei Wien

und

über die hierbei gemachten Erfahrungen.

Vortrag

des Herrn k. k. Hofrathes **Gustav Ritter von Wex.**

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 4, 5, 6 und 7.)

Geehrte Herren Fachgenossen!

Aus Anlass des Hochwassers im Februar 1876 entstand sowohl in den öffentlichen Blättern, als auch hier in den Versammlungen des „Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines“ eine lebhaftete Debatte über die Frage, ob das Project, nach welchem die Donau-Regulirung bei Wien ausgeführt worden ist, den anerkannten hydrotechnischen Grundprincipien entspreche, dann ob die von dieser Strom-Regulirung angehofften Wirkungen und Vortheile sich herausstellen werden oder nicht.

Da ich im Jahre 1876 der von einigen Opponenten ausgesprochenen abfälligen Kritik über die Donau-Regulirung bei Wien nur meine persönlichen technischen Ansichten und Ueberzeugungen entgegenhalten konnte, und hierbei wahrgenommen habe, dass es mir kaum gelingen werde, die Herren Kritiker von ihren Ansichten abzubringen, beschloss ich, die so unliebsame Controverse abzubrechen, in der Hoffnung, dass nach Verlauf mehrerer Jahre der regulirte Stromlauf sich günstig ausbilden und die beabsichtigten Wirkungen auch hervorbringen werde, wo es mir dann mit Hinweisung auf diese Erfahrungs-Resultate weit leichter sein würde, auch die Herren Opponenten von der Richtigkeit meiner technischen Ansichten über die ausgeführten Donau-Regulirungs-Arbeiten zu überzeugen.

Nachdem seit der Eröffnung der Durchstiche und des regulirten Bettes für den Eintritt des Stromes, im Jahre 1875, bereits 5 Jahre verflossen, und nun auch schon die Wirkungen und Erfolge der Regulirungs-Arbeiten deutlich zu Tage getreten sind, so will ich mir erlauben, diese letzteren hier in Kürze vorzutragen, da ich überzeugt bin, dass Sie, geehrte Fachgenossen, nicht nur als Techniker, sondern auch als österreichische Staatsbürger an dem ausgeführten grossen Werke der Donau-Regulirung ein lebhaftes Interesse nehmen, und daher auch die Ueberzeugung gewinnen wollen, ob dieses Werk als ein gelungenes, oder aber als ein verfehltes Unternehmen anzusehen ist.

Um über die Fortschritte der Ausbildung des neuen regulirten Stromlaufes vorläufig in der vollendeten Strecke von Nussdorf bis zur verlängerten Canal-Ausmündung bei Albern die volle Ueberzeugung zu erlangen, hat die Donau-Regulirungs-Commission in dieser Stromstrecke nach Abgang der Winterhochwässer, und zwar im April 1876, im März 1877 und im April 1879 in gleichen Distanzen, von 50 zu 50° (94·8<sup>m</sup>), 152 Stück Querprofile über die ganze Strombreite in Abständen von 2·5 zu 2·5<sup>m</sup> durch ihre technischen Beamten genau sondiren, aufnehmen und verzeichnen lassen, wobei also in jedem der drei Jahre über 16.000 Sonden gemessen wurden.

Auf Grundlage dieser Querprofile wurden die Flächeninhalte derselben, dann die mittleren Wassertiefen sowohl in diesen Profilen, als auch im Längenprofile nach der Stromrinne, endlich die Kubikinhalte der sämtlichen ausgewaschenen Stromprofile bis zum Nullwasser für die einzelnen Stromstrecken in den drei Aufnahmejahren 1876, 1877 und 1879 genau berechnet, und die Berechnungs-Resultate aus diesem voluminösen Operate, der leichteren Uebersicht wegen, in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst.

J a h r	Grösste	Kleinste	Mittlere	Mittlere Wassertiefe in		Körpermass des ganzen Stromlaufes nach den		Mithin wurden im Strombette neu angeschüttet (–) oder an Schotter-Materiale fortgeschwemmt (+)
	Fläche der Querprofile			den Querprofilen	dem Längsprofile der Stromrinne	bewirkten Aushebungen, mit Einrechnung des einbezogenen Strombettes und der erfolgten Nachbaggerungen	sondirten ausgewaschenen Querprofilen	
				Quadrat-Meter	Meter			
1876	1282	429	827	3·3	4·3	12,007.422	11,924.841	– 82.581
1878	1081	727	914	3·4	4·6	12,620.568	13,176.787	+ 556.219
1879	1115	765	922	3·5	5·1	13,192.154	13,285.422	+ 93.268

Ferner wurden in dem Situationsplane von der vorbesagten Donaustrecke, auf Blatt Nr. 4, aus den Profilaufnahmen die Tiefencoten in der Stromrinne im April 1879, die Schifffahrtsrinne beim Nullwasser und auch die Coten der im Strombette vorkommenden Schotterbänke eingetragen. Auf Blatt Nr. 5 wurde das Längenprofil des Strombettes nach der Stromrinne, dann wurden von den 152 aufgenommenen Querprofilen 10 Stück, in gleichen Entfernungen von einander, mit den in den drei Aufnahmejahren vorgefundenen Configurationen der Strombettsohle verzeichnet.

Aus den vorangeführten Profilaufnahmen, Plänen und Berechnungs-Resultaten kann über die fortschreitende günstige Ausbildung des regulirten Strombettes seit der Eröffnung der Durchstiche im Jahre 1875, dann über den gegenwärtigen Zustand des Strombettes auch jeder unbefangene Laie die nachstehenden factischen Daten entnehmen.

4. Im April 1876 waren die Flächenmasse der Querprofile im regulirten Stromlaufe noch sehr verschieden, indem in jenen Strecken, wo das alte Strombett in die Regulirungs-Trace einbezogen wurde, 34 Querprofile ein Flächenmass von 1000 bis 1282<sup>qm</sup> hatten, dagegen bei 31 Profilen in dem nicht vollständig ausgehobenen Weidenhaufen-Durchstiche nur ein Ausmass von 428 bis 600<sup>qm</sup> vorhanden war.

Schon bis zum März 1877 wurde durch die eigene Kraft des Wassers eine theilweise Regulirung und Ausgleichung der Querprofile bewirkt, welche bis zum April 1879 bereits so weit gediehen war, dass nur noch 13 Profile mit einem zu grossen Flächenmasse von 1000 bis 1115<sup>qm</sup>, dann nur 2 Profile mit einem zu kleinen Ausmass von 765 und 798<sup>qm</sup> vorhanden waren, dagegen die Grössen aller übrigen Profile dem berechneten mittleren Flächenmasse derselben von 922<sup>qm</sup> bereits annähernd gleich ausgebildet worden sind. Die arithmetischen Mittel

der sämtlichen Querprofile im ganzen Stromlaufe sind von 1876 bis 1877 um  $87\text{m}^3$ , und von 1877 bis 1879 um weitere  $8\text{m}^3$  grösser geworden.

Die mittleren Wassertiefen in den Querprofilen haben seit dem Jahre 1876 von  $3.3$  auf  $3.5\text{m}$ , und im Längenprofile nach der Stromrinne von  $4.3$  auf  $5.1\text{m}$  zugenommen.

Aus der fernerer Vergleichung der in vorstehender Tabelle zusammengestellten berechneten Kubikinhalte des ganzen Stromlaufes vom Nullwasser bis zur Strombettsohle, und zwar einerseits nach den bewirkten factischen Aushebungen mit Einrechnung der einbezogenen Theile des alten Strombettes und der in den Jahren 1876 bis 1879 wegen Material-Gewinnung für verschiedene Bauwerke bewirkten Nachbaggerungen, dann andererseits nach den sondirten, vom Strome ausgewaschenen Querprofilen, ergeben sich die nachstehenden Resultate.

Durch das ausserordentlich grosse Hochwasser im Februar 1876 wurde im ausgehobenen Strombette ein Schotter-Materialquantum von  $82.581\text{km}^3$  abgelagert.

Vom April 1876 bis zum März 1877 wurde von den stattgehabten Hochwässern aus dem ausgehobenen Stromlaufe ein Materialquantum von  $556.219\text{km}^3$  ausgewaschen und fortgeschwemmt.

In der Zeit vom März 1877 bis zum April 1879 wurden im regulirten Stromlaufe abermals bedeutende Schotterquantitäten abgelagert, aber demungeachtet war das Kubikmass der verbliebenen ausgewaschenen Strombettprofile doch noch um  $93.368\text{km}^3$  grösser als das Gesamtkörpermaass der bewirkten Aushebungen.

Auf Grundlage der vorstehenden Erhebungs-Resultate und ziffermässigen Nachweisungen kann, wohl mit voller Berechtigung behauptet werden, dass in der regulirten Stromstrecke die Donau durch ihre eigene Kraft und Tendenz successive eine sehr gleichmässige, also auch sehr günstige Ausbildung und Vertiefung der Querprofile und des Längenprofiles bewirkt hat, dann dass die Stosskraft des Stromes hinreichend gross ist, um die von den Hochwässern im regulirten Strombette zeitweise abgelagerten Schottermassen wieder vollständig fortzuschwemmen.

Weil ferner die mittleren Profilsflächen in der regulirten Stromstrecke um beiläufig  $100$  bis  $200\text{m}^2$  kleiner, dagegen die mittleren Wassertiefen um circa  $0.23\text{m}$  grösser geworden sind, als solche im alten Strombette waren, so ist einleuchtend, dass sowohl hierdurch, als auch wegen der Steigerung des relativen Gefälles in Folge der Geradleitung und Abkürzung des Stromlaufes, in dem regulirten Strombette auch die Geschwindigkeit und die Stosskraft des Wassers grösser geworden sind, daher in demselben die Schotterbänke nicht mehr in dem Maasse abgelagert werden können, als dies im alten, mehrfach gekrümmten Strombette der Fall war.

B. Einerseits die früher nachgewiesene, sehr günstige, gleichmässige Ausbildung und Vertiefung der Strom-Quer-

profile, dann die vorliegende Erfahrung, dass durch die vielen andauernden Hochwässer in den 4 Jahren 1876 bis 1879 weder die  $28.600\text{m}$  langen neuen Stromufer, noch die an dem Strome bestehenden 19 grossen Bauwerke (Brücken, Quaimauern, Badeanstalten, Landungsstiegen) eingerissen oder beschädigt worden sind, liefern zugleich den Beweis, dass sowohl die Regulierungs-Trace, als auch die Normalbreite für die Mittel- und für die Hochwässer der Natur des Stromes und den in demselben abströmenden Wassermengen ganz entsprechend ausgemittelt worden sind.

C. Es ist allgemein bekannt, dass in früherer Zeit die so häufigen Ueberschwemmungen einerseits der niedrigeren Vorstädte von Wien und anderseits des Marchfeldes nur dadurch herbeigeführt wurden, weil in Folge der bedeutenden Verengungen des Durchflussprofils der Donau bei Nussdorf durch die eingebauten Sporne und durch den zu weit vorgerückten Hubert'schen Inundations-Damm, die Hochwasser um  $1.3\text{m}$  höher angeschwellt wurden als am Pegel der alten Taborbrücke; dann weil in dem sehr unregelmässigen, vielfach gekrümmten und mit zwei hölzernen Jochbrücken übersetzten alten Strombette häufig Eisstossentstanden sind, welche einerseits die Abströmung der aus der oberen Stromstrecke ankommenden Eismassen durch den Wiener Donaucanal veranlassten, dann auch zur Folgebrechung des zu niedrigen und zu schwachen Inundations-Dammes bei Lang-Enzersdorf sich über das Marchfeld ergossen, und so an beiden Uferseiten grosse Verheerungen angerichtet haben.

Bei der ausgeführten Donau-Regulirung wurde zunächst das Durchflussprofil der Donau bei Nussdorf mittelst vollständiger Aushebung der alten Sporne und Bauwerke am linken Stromufer, ferner durch die Zurücksetzung des linkseitigen Inundations-Dammes um  $380\text{m}$ , und die gleichzeitige Abgrabung des Inundations-Terrains (Hochwasserprofils) so bedeutend vergrössert, dass nunmehr die Hochwasser-Anschwellungen bei Nussdorf um  $1.3\text{m}$  vermindert wurden.

Ferner wurde der linkseitige Inundations-Damm von Nussdorf bis Lang-Enzersdorf, dann auch jener längs des sogenannten Donaugarbens entsprechend erhöht und verstärkt.

Durch die in der Einmündung des Wiener Donaucanals erbaute Sperrschleuse und das vorzulegende Schwimmthor wird die Abströmung des grossen Eisstosses durch den Donaucanal verhindert, und beim Eintritte der Hochwässer auch eine Depression des Wasserspiegels im Canale um circa  $0.8\text{m}$  bewirkt.

Nachdem endlich auch jedem Laien einleuchten wird, dass in dem nach einer sanft gekrümmten Trace regulirten Stromlaufe, mit der gleichen Normalbreite, mit den beiderseits versicherten Ufern und mit den möglichst gleichmässig ausgebildeten Durchflussprofilen, in der Folge

Eisstoss-Versetzungen nicht so leicht wie in früheren Zeiten vorkommen können, und wenn solche dennoch eintreten sollten, dieselben von den zwischen den beiderseitigen Inundations-Dämmen zusammengehaltenen Hochwässern weit leichter gehoben und fortgeschwemmt werden, so kann man wohl behaupten, dass durch die ausgeführten Donau-Regulierungs-Arbeiten die vorbestehenden Ueberschwemmungs-Gefahren für Wien und für das Marchfeld, welche von den gewöhnlichen eisfreien Hochwässern herrühren, schon jetzt vollständig behoben worden sind, wogegen man jene Gefahren, welche durch Eisstoss-Versetzungen entstehen, allerdings erst dann als ganz beseitigt wird erklären können, wenn die Donau-Regulierungs-Arbeiten noch weiter stromabwärts fortgesetzt werden, damit die von den Eisstoss-Versetzungen in der unteren verwilderten Stromstrecke entstehenden sehr hohen Wasseraufstauungen nicht mehr bis gegen Wien hinaufreichen, da letztere auch da die Bildung von Eisstoss-Versetzungen veranlassen könnten.

Aus den im Jahre 1867, unmittelbar vor dem Beginne der Donau-Regulierung von Staats-Technikern aufgenommenen Situations- und Profilplänen von der besprochenen Stromstrecke zwischen Nussdorf und Albern ist ferner zu ersehen, dass damals in der mehrfach scharf gekrümmten Strom- und Fahrwasserrinne an einigen Stellen tiefe Kolke bis zu 8·5<sup>m</sup> Tiefe, an anderen dagegen acht seichte Furthen von nur 2·2 bis 2·8<sup>m</sup> Tiefe unter Null vorhanden waren, daher einerseits hierdurch, dann andererseits wegen der zu niedrigen Anlage der alten hölzernen Tabor- wie auch der Nordbahnbrücke die Schifffahrt sowohl bei kleinen, als auch bei den höheren Wasserständen öfters unterbrochen war. Dann ist auch allgemein bekannt, dass die k. k. priv. Donau-Dampfschifffahrts-Gesellschaft bis zur Eröffnung der Durchstiche im Jahre 1875 bemittelt war, an ihrem früheren Landungsplatze bei den Kaisermühlen fast alle Jahre ausgedehnte Baggerungen vorzunehmen, um aus dem Strome zu diesem Landungsufer zuzufahren und daselbst anlegen zu können.

Aus den nun aufgenommenen Situations- und Profilplänen, welche den Zustand des regulirten Stromes in den Jahren 1876 bis 1879 darstellen, ist dagegen ersichtlich, dass die im vorliegenden Situationsplane für den Nullwasserstand mit einer punctirten Linie eingezeichnete Schifffahrtsrinne mit einer Wassertiefe von mindestens 2<sup>m</sup> = 6·3' nach einer langgestreckten und sanft gebogenen Linie gestaltet ist, welche jedoch von den zu Thal und zu Berg fahrenden Schiffen auch nicht so genau eingehalten zu werden braucht, weil das Fahrwasser im regulirten Strombette durchgehends sehr breit ist, also auch für mehrere nebeneinander vorbeifahrende Schiffe hinlänglichen Raum bietet. Hierbei wird nur noch bemerkt, dass die eingezeichnete Schifffahrtslinie nur bei kleinen Wasserständen unter Null sich der eigentlichen Stromrinne mehr nähern muss, und daher etwas mehr gekrümmt wird, wogegen bei höheren Wasserständen die Schiffe fast überall auch parallel zu der Ufertrace fahren können.

Weil ferner in der Stromrinne selbst an den zwei seichtesten Stellen unterhalb der Stadlauerbrücke, woselbst das linke Stromufer noch nicht ganz ausgebaut ist, noch eine Wassertiefe von 3<sup>m</sup> unter Null vorhanden war, so wird jeder Schifffahrtskundige, und insbesondere auch die Donau-Dampfschifffahrts-Gesellschaft bestätigen müssen, dass in der bisher regulirten Strecke von Nussdorf bis Albern seit April 1876 bis jetzt, selbst bei den niedrigsten Wasserständen, die Schifffahrt möglich und mit keinen Behinderungen verbunden war.

Während der vierjährigen Periode von 1876 bis 1879 wurde nur an der Nordbahnlande, in Folge einer Schotterablagerung daselbst, die Zufahrt und das Landen der Schiffe erschwert, doch die Donau-Regulierungs-Commission liess sofort längs dieser Lande eine Fahrrinne ausbaggern, und das Schotter-Materiale zur Ausschüttung des alten Kaiserwasserbettes innerhalb des Inundations-Terrains verwenden.

An dem 530° = 1005<sup>m</sup> langen neuen Landungsufer der Donau-Dampfschifffahrts-Gesellschaft unterhalb der Kronprinz Rudolfsbrücke hat die Fahrrinne daselbst jetzt noch durchgehends eine Wassertiefe von 18 bis 19' (6<sup>m</sup>) unter Nullwasser, daher eine Nachbaggerung daselbst auch noch durch längere Zeit nicht nothwendig sein wird.

Nach Vergleichung der vorstehend kurz beschriebenen Zustände des Donautromes nächst Wien vor und nach der Regulierung wird jeder Unbefangene bestätigen müssen, dass in Folge der bisher ausgeführten Regulierungs-Arbeiten die Schifffahrtsstrasse und die Landungsufer sehr wesentlich verbessert worden sind.

Zur Aufklärung des in den öffentlichen Blättern hervorgehobenen Umstandes, dass auch noch jetzt im regulirten Strombette Schotterbänke abgelagert werden, welche jedoch, wie früher nachgewiesen wurde, die Schifffahrt nicht behindern, muss hier Folgendes angeführt werden:

Es ist wohl Jedermann bekannt, dass die Donau von Passau bis Wien auf 18½ Meilen (140<sup>km</sup>) Länge zwischen Gebirgen strömt, und auf diesem Wege die Gebirgsflüsse Inn, Salza, Traun und Enns nebst vielen anderen Wildbächen aufnimmt, welche unberechenbare Quantitäten von Erde, Sand, Schotter und Gerölle in das Donaubett einführen, daher die Donau bei jedem Hochwasser alle diese ungeheueren Geschiebemassen successive stromabwärts fortschwemmen, mithin auch durch das regulirte Strombett bei Wien durchführen, und beim plötzlichen Fallen der Hochwässer einen Theil dieses Materiales daselbst zeitweise auch deponiren muss, weil keine Macht der Welt, mithin auch nicht die genialste und vollkommenste Strom-Regulierung im Stande ist, die Natur eines geschiebführenden Stromes vollständig zu verändern.

Doch selbst in dem Falle, wenn die Hydrotechniker ein Bausystem hätten, um den Strom zu zwingen, das mitführende Geschiebe entweder in der oberen Strecke

vollständig abzulagern, oder aber dasselbe durch die regulirte Strecke jedesmal vollständig durchzuführen, und erst in der unteren Stromstrecke zu deponiren, so wäre die Ausführung einer solchen Strom-Correction sogar fehlerhaft und tadelnswerth, weil man hierdurch die Schotterablagerungen aus der einen Strecke zwar radical beseitigen, selbe aber dafür entweder in die obere oder untere Stromstrecke concentrirt verlegen, und hierdurch daselbst unberechenbare Verwüstungen veranlassen, und auch die Schifffahrtsstrasse zerstören würde.

Um einerseits von den ungeheueren Quantitäten an Geschiebmassen, welche von den Donau-Hochwässern jährlich herabgeschwemmt werden, dann andererseits auch von der grossen Intensität der Stosskraft des Stromes in der regulirten Strecke wenigstens eine annähernde Vorstellung zu erhalten, wolle man aus der Vergleichung der aufgenommenen 152 Querprofile, und insbesondere aus dem Längenprofile sich die Ueberzeugung verschaffen, dass die Donau vom April 1876 bis zum April 1879 an mehreren Stellen die daselbst im Jahre 1876 bestandene tiefe Stromrinne auf mehrere 100<sup>m</sup> Länge, und auf 1.2 bis 3<sup>m</sup> Höhe mit Schotter vollständig ausgefüllt und neue Schotterbänke angesetzt, dagegen gleichzeitig die an der anderen Hälfte des Bettes bestandenen Schotterbänke fortgeschwemmt und an deren Stelle eine neue, mehrere 1000<sup>m</sup> lange Stromrinne um 1.8 bis 2.3<sup>m</sup> unter der vorbestandenen Strombettsohle vertieft hat.

Diese colossalen theilweisen Anschotterungen und theilweisen Strombett-Vertiefungen werden zwar in der Folge in der regulirten Stromstrecke, nachdem daselbst bereits eine regelmässige Ausbildung und Ausgleichung der Querprofile erfolgt ist, jedenfalls etwas geringer werden, dieselben können jedoch niemals ganz aufhören, weil die aus den einmündenden Gebirgsflüssen und Wildbächen in das Donaubett stets neu eingeführten ungeheueren Geschiebmassen von den Donauhochwässern fortwährend herbeigeschwemmt, und dann durch die regulirte Stromstrecke bei Wien mit den fast unvermeidlichen Zwischenstationen (zeitweisen Ablagerungen) durchgeführt werden müssen.

Dass die vorbeschriebenen Strombett-Veränderungen nicht nur an der Donau, sondern an allen geschiebführenden Flüssen ohne Ausnahme eintreten, dafür liefert die von ausgezeichneten deutschen und französischen Hydrotechnikern projectirte, im Jahre 1817 begonnene und vor circa 20 Jahren vollendete Rhein-Regulirung in der 33 Meilen (252<sup>km</sup>) langen Strecke von der schweizerischen Grenze unterhalb Basel bis Mannheim den eclatantesten Beweis.

Aus den von der grossherzoglich badischen Regierung, dann vom kaiserlichen Baurathe und Wasserbau-Director zu Strassburg Herrn Grebenau in den Jahren 1868 und 1872 veröffentlichten genauen Situations- und Profilplänen, von welchen ich genaue Copien zweier Stromstrecken, und zwar der einen

10<sup>km</sup> langen Strecke unterhalb Strassburg und Kehl, dann einer zweiten, 70<sup>km</sup> weiter stromabwärts gelegenen, 7.5<sup>km</sup> langen Stromstrecke bei Maxau anfertigen und auf den Blättern Nr. 6 und 7 verzeichnen liess, wie aus den beigefügten technischen Beschreibungen der ausgeführten Rhein-Regulirung sind die nachstehenden Erfahrungs-Resultate ersichtlich: Dass am Rheinstrome, obwohl derselbe das sämmtliche in seinem oberen Laufe aus den schweizerischen Alpen herabgeschwemmte Geschiebe bereits im Bette des Bodensee's abgelagert, dann in der regulirten Strecke auch hinreichende Stosskraft erlangt und schon die Zeit gehabt hat, sein neues Strombett, und sein Längenprofil seiner Natur und seinem Regime entsprechend auszubilden, im normalen Strombette fortlaufende Schotterbänke in der Art regelmässig abgelagert sind, dass jedesmal die eine Schotterbank in der Nähe des rechten, und die nächste in der Nähe des linken Stromufers situirt ist. Diese Schotterbänke sind fast in gleichmässigen Entfernungen, und zwar in der oberen Strecke auf 750<sup>m</sup>, in der mittleren auf 1000<sup>m</sup> und in der unteren auf 1300<sup>m</sup> von einander abgelagert, und werden von den Hochwässern jährlich um circa 265 bis 280<sup>m</sup> stromabwärts längs den beiderseitigen Ufern herabgeschoben.

Die Stromrinne bildet zwischen den abgelagerten Schotterbänken eine continuirliche Schlangenlinie, welche an den beiderseitigen Stromufern, gegenüber den Schotterbänken, jedesmal eine Tiefe von 5 bis 10<sup>m</sup>, dagegen bei den Uebergängen der Curven von dem einen Ufer zum anderen, gerade in der Mitte des Strombettes, seichte Furthen von nur 0.63 bis 1.58<sup>m</sup> Tiefe hat.

Wegen der vorerwähnten continuirlichen Verschiebungen der Schotterbänke nach stromabwärts, rückt natürlich auch die Stromrinne in demselben Maasse thalabwärts, und ist sonach einer ununterbrochenen Umbildung und Veränderung unterworfen.

Der Herr Wasserbau-Director Grebenau, welcher als ein ausgezeichnete Hydrotechniker und Erforscher der Gesetze über die Bewegung des Wassers in Flüssen und Strömen allgemein bekannt und geachtet war, hat über die Wirkungen und Erscheinungen an dem regulirten Rheinstrome durch viele Jahre die eindringlichsten Erhebungen gepflogen und dann „über das Gesetz der Bewegung der Kiesbänke und des Thalweges (der Stromrinne) in den canalisirten Flüssen“, im Jahre 1871 eine eigene Abhandlung veröffentlicht, aus welcher ich nur die nachstehenden Schlussworte hier anführen will.

„Die angeführten Gesetze der Bewegung der Geschiebe und des Thalweges sind für den Flussbau um so wichtiger, als sie für alle geschiebführenden Flüsse gelten. An der Garonne wurde das Serpentiniren des Thalweges zuerst von Baumgarten beobachtet. Der Verfasser fand unter Anderem das Gesetz auch an der Rhein-Correction im Domletschger oberen Rheinthale bestätigt. Auch an



der oberen Oder, an der Donau, am Lech, am Inn zwischen Finstermünz und Innsbruck u. s. w. lässt sich dasselbe Gesetz nachweisen. Wo es noch nicht constatirt wurde, ist nur der Mangel an Beobachtungen schuld. Die örtliche Verschiedenheit der Verhältnisse einzelner Flüsse, die Verschiedenheit des Gefälles, der Wassermasse, der Geschiebemasse, der grösseren und kleineren Regelmässigkeit des Laufes u. s. w., können eine Verschiedenheit der Erscheinung dem Grade nach, nie aber dem Wesen nach, bedingen. An sich selbst überlassenen Flüssen wird das Gesetz dieser Erscheinung durch eine Menge Einwirkungen secundärer Art gestört, verwirrt und entzieht sich leichter der Beobachtung. In einem corrigirten, canalisirten Flusse dagegen, wo das Gefälle auf grosse Längen ein gleichförmiges ist und die Vertheilung, d. i. die Zu- und Abnahme der Geschwindigkeiten der einzelnen Wasserfäden im Querprofile wegen der homogenen Beschaffenheit des Geschiebes an der Thalsole genau nach dem Gesetze der Stetigkeit erfolgt, da muss mit mathematischer Nothwendigkeit auch das Resultat der gegenseitigen Einwirkung des Wassers auf das Geschiebe an der Flusssohle ein stetiges, gesetzmässiges, daher leicht erkennbares, in die Augen springendes sein.

„Darum ist auch der nun vollständig canalisirte Rhein von der elsässischen Grenze bis Germersheim geradezu die einzige Schule, in welcher der Hydrotekt lernen kann, was man bei der Correction von geschiebführenden Flüssen zu erwarten hat. Die genannte Rhein-strecke ist factisch die einzige bestehende, vollständig corrigirte Strecke eines grösseren geschiebführenden Flusses, eine Thatsache, auf die nicht genug aufmerksam gemacht werden kann.“

Den gegenwärtigen Zustand des regulirten Rhein-strombettes schildert Herr Bau-Inspector Angele zu Strassburg in der „Deutschen Bauzeitung“ vom Jahre 1878, Nr. 16 und 18, mit nachstehenden Worten: „Das mittlere Querprofil des jetzigen Strombettes stellt somit zwei durch einen breiten, in der Strommitte hinziehenden Kiesrücken getrennte Rinnen dar, welche durch den Anprall des serpentinirenden Stromes an die Parallelwerke gebildet und offen gehalten werden.“

Es ist nun einleuchtend, dass bei den früher beschriebenen Ablagerungen der Schotterbänke, bei der fortwährenden Fortschwemmung (Wanderung) derselben nach stromabwärts, dann bei der Configuration und der continuirlichen Veränderlichkeit der Stromrinne die Schifffahrt auf der regulirten oberen Rheinstrecke zwischen Strassburg und Maxau bei niedrigen Wasserständen jedenfalls sehr schwierig ist.

Bei diesem Sachverhalte wurden in den letzten Jahren Alternativ-Projecte verfasst, um entweder im Normalbette des Rheins ein eigenes schmäleres Gerinne für die Abführung der Niederwässer, dann für die Benützung des-

selben zur Schifffahrt anzulegen, oder aber von Strassburg nach Ludwigshafen, gegenüber von Mannheim, parallel zum Stromlaufe einen eigenen Schifffahrts canal zu erbauen.

Die Betrachtung dieser am regulirten Rheinstrome sehr grell hervortretenden Erscheinungen an geschiebführenden Flüssen, könnte manchen Laien zu dem Ausspruche veranlassen, dass die Rhein-Regulirung wahrscheinlich nach einem fehlerhaften Projecte ausgeführt wurde und deshalb als misslungen zu betrachten sei; und dennoch wäre dieser Ausspruch ganz unbegründet und unrichtig, denn durch diese Regulirung wurde der bis zum Jahre 1871 ganz verwilderte, in vielfältigen Serpentin und Seitenarmen in der breiten Rheinthal-Ebene sich schlängelnde Stromlauf mittelst Aushebung vieler Durchstiche nach regelmässigen Tracen geleitet, wobei der Stromlauf um circa 11 Meilen ( $83^{km}$ ) abgekürzt, also das relative Gefälle des Stromes um circa 30% vermehrt worden ist.

Ferner wurden alle Seitenarme abgebaut und das Strombett zu beiden Seiten mit soliden Uferdeckwerken eingeschlossen, wodurch die Geschwindigkeit und die Stosskraft des Wassers derart gesteigert wurde, dass die neue Strombettsohle streckenweise um circa  $2.0^m$  vertieft, der Wasserspiegel der Mittel- und der Hochwässer fast um eben dieses Maass gesenkt, und dann auch der rasche Abfluss der Hochwässer wesentlich gefördert worden ist.

Die sichtlichen Erfolge dieser Strom-Correctionen bestehen nun darin, dass die in früherer Zeit häufig eingetretenen verheerenden Ueberschwemmungen in der ganzen Rheinthal-Ebene, wobei zuweilen grosse Grundflächen und ganze Ortschaften zerstört worden sind, fast gänzlich beseitigt wurden, ferner dass in Folge der Wasserspiegel-Senkung ausgedehnte versumpfte Thalgründe trocken gelegt und in vortreffliche Ackergründe umgestaltet werden konnten, dann dass mehr als 20.000 Hectaren ehemaliger alter Flussbette, Seitenarme, Wassertümpel und wüster Schotterbänke bereits grösstentheils verlandet und in üppige Auen verwandelt worden sind, endlich dass auch der Gesundheitszustand der Rheinthal-Bewohner sich jetzt bedeutend gebessert und ihr Wohlstand im Allgemeinen sich sehr gehoben hat.

Nach den übereinstimmenden Versicherungen nicht nur der Techniker und der Regierungsorgane, sondern auch aller Rheinthal-Gemeinden, sind die durch die Strom-Regulirung erzielten vielen Vortheile so ausserordentlich gross, dass hierdurch die auf diese Regulirung verwendeten Bausummen reichlich gedeckt werden, und es ist daher ganz natürlich, dass Deutschland auf die nach 30jährigen angestregten Arbeiten glücklich vollendete und als gelungen anerkannte Rhein-strom-Regulirung, als auf ein grosses Werk der deutschen Nation, stolz ist, dann dass diese Regulirung in allen erscheinenden hydrotechnischen Werken sympathisch besprochen wird, endlich dass die bei der Projectirung und bei der Ausführung dieser Strom-Regulirung hervorragend beteiligten Ingenieure, und insbesondere der Genie-Oberst

Tulla, welcher die Rhein-Regulirung im Jahre 1817 zuerst angeregt hatte, in Deutschland hoch geehrt werden, und dem Letzteren sogar ein Denkmal am regulirten Rheinstrome bei Maxau gesetzt worden ist.

Als ich die Rheinstrom-Regulirung an Ort und Stelle eindringlichst studirt hatte, habe ich die Ueberzeugung gewonnen, dass die von den dortigen Hydrotechnikern im Jahre 1817 nach den damals abgeströmten Wasserquantitäten ermittelten Normalbreiten für das zu regulirende Strombett gegenwärtig sich als zu gross zeigen, weil nach der von mir gemachten betrübenden Entdeckung die in den Strömen und speciell auch im Rhein abströmenden Wasserquantitäten in den letzten Decennien bedeutend abgenommen haben.

Meine fortgesetzten Studien haben mir die weitere Ueberzeugung verschafft, dass, wenn gleich ursprünglich die Normalbreite für das zu regulirende Rheinstrombett kleiner angelegt worden wäre, man die Ablagerungen und Wanderungen (successive Fortschwemmungen) der Schotterbänke zwar nicht verhindert, jedoch den Vortheil erreicht hätte, dass in Folge der noch mehr verstärkten Stosskraft des Wassers die zwischen je zwei Schotterbänken entstehenden seichten Furthen jedenfalls vertieft worden wären, wo man dann in der regulirten Stromstrecke auch eine bessere Schiffahrtsrinne erhalten hätte.

Auf Grundlage der am regulirten Rheinstrome gemachten Studien und gesammelten Erfahrungen, dann mit Rücksicht auf die von mir constatirte Thatsache der Wasserabnahme in den Flüssen, habe ich eine Revision der für die Donau-Regulirung bei Wien von den Experten ermittelten Normalbreite per 1000' (316<sup>m</sup>) vorgenommen, und hierbei gefunden, dass diese Breite jedenfalls zu gross sei und entsprechend verschmälert werden müsse, wenn man vorbeugen will, dass die in der regulirten Rheinstrecke vorkommenden vielen seichten Furthen nicht auch im regulirten Donaubette sich einstellen.

Zur Prüfung meines diesbezüglichen Antrages hat die Donau-Regulirungs-Commission im Juni 1872 sieben ausgezeichnete in- und ausländische Hydrotechniker berufen, welche nach nochmaligen Befahrungen der Donau, und nach reiflichen Erwägungen aller Verhältnisse den übereinstimmenden Vorschlag dahin erstattet haben, dass die Normalbreite des Durchstiches bei Wien zwischen den beiderseitigen Uferändern auf 900' (284<sup>5</sup><sup>m</sup>) restringirt werde.

Die Donau-Regulirungs-Commission hat den obigen Antrag acceptirt, und es wurde die Durchstichsbreite auf 284<sup>5</sup><sup>m</sup> verschmälert, wobei einzelne Strecken, welche bereits auf 316<sup>m</sup> Breite bis zum Nullwasser ausgehoben waren, auf der linken Uferseite mit Baggerschotter wieder angeschüttet wurden.

Dass diese restringirte Normalbreite der Natur des Donaustromes und den Abflussverhältnissen in demselben vollkommen entspricht, ist aus meinen früheren Nachweisungen ersichtlich, indem zwischen den hie und da im regulirten Strombette abgelagerten Schotterbänken keine

seichten Furthen bestehen, sondern im Gegentheile die Stromrinne durchgehends sehr regelmässig so ausgebildet wurde, dass die seichtesten Stellen derselben noch  $9\frac{1}{2}' = 3.0^m$  tief unter dem Nullwasserspiegel liegen, daher selbst bei den niedrigen Wasserständen von 4' (1.3<sup>m</sup>) unter Null die Schiffahrt in der Stromrinne noch stattfinden kann.

Aus der Vergleichung der Situations-, dann der Längen- und Querprofilpläne von der regulirten Donaustrecke auf den Blättern Nr. 4 und 5 mit jenen des regulirten Rheinstromes auf den Blättern Nr. 6 und 7 ist ersichtlich, dass im neuen Donaubette die Schotterbänke fast in dreimal so weiten Entfernungen von einander, dann auch nicht so hoch abgelagert sind, ferner dass in der Stromrinne an den beiderseitigen Ufern keine so tiefen Kolke, und an den Uebergängen zwischen je zwei Schotterbänken keine so seichten Furthen vorkommen, endlich dass die Stromrinne keine so scharf gekrümmten Serpentin bildet, als dies bei dem canalisirten Rheinstrome der Fall ist, daher man wohl behaupten kann, dass die Donau-Regulirung bei Wien in hydrotechnischer Beziehung, dann mit Rücksicht auf die Verbesserung der Schiffahrtsstrasse weit günstiger und gelungener erscheint als die Rhein-Correction zwischen Strassburg und Mannheim, mit welcher Behauptung ich jedoch die grossen Verdienste der bei der letzteren Correction theilhaftig gewesen ausgezeichneten Hydrotechniker nicht im geringsten schmälern will, weil dieselben im Jahre 1817 beim Beginne der Rhein-Correction wohl die ersten waren, welche einen grossen geschiefbführenden Strom zu reguliren hatten, mithin weder die an demselben später eintretenden Erscheinungen, noch die von mir erst im Jahre 1873 constatirte Wasserabnahme in den Strömen gekannt haben, wogegen wir die so interessanten Erfahrungen an dem canalisirten Rheinstrome eindringlichst studiren und auch benützen konnten, um einen günstigeren Erfolg bei der Donau-Regulirung zu erzielen.

Schliesslich glaube ich hier nur noch in Kürze nachweisen zu sollen, wie aus den bereits vorliegenden Erfahrungsergebnissen mit Verlässlichkeit geschlossen werden kann, dass auch alle anderen Zwecke, Rückwirkungen und Vortheile, welche man mit den projectirten Donau-Regulirungs-Arbeiten erreichen wollte, schon in nächster Zeit auch im vollen Maasse erreicht werden.

a) In den letzten 3 Jahren hat sich der Schiffahrts- und der Handelsverkehr an der neuen Donau, ungeachtet der seit 1873 andauernden allgemeinen Handelskrise und Geschäftsstockung, fast um das Doppelte gegen jenen in den früheren Jahren vermehrt, welcher bedeutende Aufschwung wohl hauptsächlich der durchgeführten Donau-Regulirung zu verdanken ist.

b) Durch die von Nussdorf bis zur Stadlauer Eisenbahnbrücke bereits erbaute, und demnächst bis zum Landungsplatze bei Kaiser-Ebersdorf verlängert werdende Donau-Uferbahn werden die in Wien einmündenden Eisenbahnen untereinander, und diese

mit den Landungsplätzen an der neuen Donau verbunden, wodurch schon gegenwärtig der Umschlag der Güter bedeutend erleichtert, mithin auch der Handelsverkehr sehr gefördert wird.

c) Schon im Jahre 1810 wurde die Donau-Regulirung zunächst nur aus dem Grunde angestrebt und projectirt, um wenigstens eine stabile Strassenbrücke über die Donau, zur Verbindung der Residenzstadt Wien mit den nördlichen Provinzen der Monarchie, erbauen zu können. In Folge der durchgeführten Donau-Regulirung wurde es nun ermöglicht, nicht nur zwei stabile Strassenbrücken, und zwar die eine ganz auf Kosten des Donau-Regulirungs-Fondes, sondern auch noch drei stabile Eisenbahnbrücken über den neuen Stromlauf in sehr günstigen, vollkommen gesicherten Stellungen, dann auch mit thunlichst mässigen Capitals-Summen zu erbauen.

d) Auf den neuen Ufer-Landungsplätzen und längs der Donau-Uferbahn wurden bereits viele grosse Magazine und Entrepôts erbaut, deren Ueberfüllung und die sich zeigende Unzulänglichkeit derselben den besten Beweis für die bedeutende Steigerung des Schiffahrts- und Handelsverkehrs am neuen Donaustrome liefern.

Ferner wurden am neuen Donau-Ufer auch schon zwei grossartige Fabriks-Etablissements, dann auf den gewonnenen Donau-Regulirungs-Gründen auch schon sehr viele Wohngebäude erbaut, und es ist allgemein bekannt, dass die Verbauungen auf den letzterwähnten Gründen jedenfalls schon in einer weit grösseren Ausdehnung erfolgt wären, wenn die im Jahre 1873 eingetretene allgemeine Geschäftskrisis nicht bis jetzt fortgedauert hätte.

e) Weil in Folge der ausgeführten Donau-Regulirung der Nullwasserstand im neuen Strombette bei Nussdorf, mithin auch der Spiegel der Grundwässer der Thalebene zwischen dem Strome und dem Wiener Donaucanale schon jetzt bedeutend tiefer gesenkt worden ist, dann weil die Ueberschwemmungsgefahren in den Vorstädten: Leopoldstadt, Brigittenau, Rossau und Erdberg in dem schon früher ad C angedeuteten Umfange beseitigt worden sind, so wurde die rasche Verbauung derselben in den niedriger gelegenen Partien erst ermöglicht und auch wesentlich gefördert, daher der Capitalswerth aller Gründe und Realitäten in diesen vier Vorstädten nach durchgeführter Donau-Regulirung sich um mehrere Millionen gehoben hat.

f) In den vier vorgenannten Vorstädten sind in früherer Zeit nach einem jeden Hochwasser, in Folge des Eindringens desselben in die Unrathscanäle, Kellerräume, ja sogar in die Brunnen, epidemische Krankheiten ausgebrochen, welche sich sehr häufig auch in die Stadt und in die anderen Vorstädte fortgepflanzt haben.

Seit der Durchführung der Donau-Regulirung, dann seit der Zuleitung des vortrefflichen Hochquellenwassers, kommen in den genannten Vorstädten selbst nach anhaltenden Hochwässern in der Donau keine solchen Krankheits-Epidemien zum Ausbruche, und es hat sich im Allgemeinen der Gesundheitszu-

stand in Wien bedeutend gebessert und auch die Sterblichkeit vermindert.

g) Der Donau-Regulirungs-Fond bezieht schon gegenwärtig für die verpachteten Landungs- und Ladeplätze, dann für die abgebauten alten Stromarme zur Eisgewinnung, ferner an Mauthgebühren von der auf seine Kosten erbauten Kaiser Franz Josefs-Strassenbrücke, endlich an sonstigen Nutzungen von den eingelösten Gründen, ein jährliches Einkommen von circa 300.000 fl. was die 5% Verzinsung eines Capitals von sechs Millionen Gulden ergibt.

Nachdem ferner der Donau-Regulirungs-Fond von den durch ihn angekauften Grundflächen, welche bei Gelegenheit der Durchstichs-Aushebung entsprechend hoch angeschüttet und in Bauparcellen umgestaltet worden sind, am rechten Durchstichs-Ufer noch ein Flächenausmass von circa 2,500.000<sup>qm</sup> als Eigenthum besitzt, welche Bauparcellen nach und nach zum Verkaufe kommen werden, so wird von dem für die ausgeführten Donau-Regulirungs-Arbeiten bereits verausgabten und für die noch herzustellenden Arbeiten präliminirten gesammten Capitals-Aufwande von 32,500.000 fl. jedenfalls ein namhafter Theil wieder zurück eingebracht werden.

Mit Rückblick auf die in vorstehender Abhandlung nachgewiesene fortschreitende sehr günstige Ausbildung des neuen regulirten Donau-Stromlaufes bei Wien, dann in Berücksichtigung der durch diese Strom-Regulirung schon jetzt erzielten sehr guten Wirkungen und unberechenbaren Vortheile, können der Staat, das Land Niederösterreich und insbesondere die Residenzstadt Wien, welche die Donau-Regulirung auf ihre gemeinsamen Kosten eingeleitet und ausgeführt haben, sowie überhaupt alle Interessenten an der Hebung des Schiffahrts- und Handelsverkehrs auf der Donau sich zu diesem gelungenen grossen Werke gratuliren und sich desselben herzlich erfreuen.

#### Anmerkung.

Am Schlusse des obigen Vortrages hat Herr Hofrath Ritter von Wex die vom k. k. Ministerialrath Ritter von Lorenz in seiner Broschüre: „Was thut dem Wasserbaue noth?“ über die ausgeführten Donau-Regulirungs-Arbeiten ausgesprochenen kritisirenden Bemerkungen ausführlich widerlegt.

Da jedoch sowohl diese Widerlegung, als auch die Entgegnung des Herrn Ritter von Lorenz bereits in der „Wochenschrift“ unseres Vereines vom 15. November und vom 13. December 1879, Nr. 46 und 50 in einem Auszuge abgedruckt worden sind, dann weil durch selbe die im vorstehenden Vortrage gelieferten begründeten Nachweisungen über die ausgeführte Donau-Regulirung nicht alterirt werden; so hält es die Redaction für entbehrlich, die vorbesagten Widerlegungen und Entgegnungen hier in die „Zeitschrift“ vollinhaltlich aufzunehmen.

# Ueber Dilatation.

Von

**E. Gamber,**

Ingenieur der k. k. priv. österreichischen Staats-Eisenbahn-Gesellschaft.

(Mit Zeichnungen auf Blatt Nr. 8.)

Da, wo der Unterbau einer Eisenbahnlinie durch eine grössere Eisenconstruction unterbrochen wird, stellt sich die Nothwendigkeit für die Oberbau-Lage heraus, der Ausdehnung der Construction, unbeschadet des ununterbrochenen soliden Oberbau-Gefüges, Raum zu schaffen \*).

Bei der früheren Befestigungsart mit einfachen Kupplungs- oder Bandlaschen unterlag dies keinen besonderen Schwierigkeiten, da die Schiene sammt der Lasche und zwischen Platte und Nagel sich verschieben konnte.

Ganz anders jedoch gestaltet sich die Sache bei Anwendung der Winkellasche.

Diese ist nämlich so mit der Unterlagsplatte, respective Schwelle verbunden, dass sie vermittelst zweier Einkerbungen durch zwei Nägel der Unterlagsplatten festgehalten wird, und überdies an ihren Enden durch hart anschliessende Nägel fixirt ist. (Fig. 1 a und 1 b, Blatt Nr. 8.)

In Folge dieser Anordnung vermag die Schiene nur um die der normalen Erweiterung der Bolzenlöcher im Schienenstege entsprechende Differenz von 6<sup>mm</sup> zwischen Lochweite und Bolzendurchmesser sich zu verschieben, während die Bolzen in der durch die eingekleiteten Nägel festgehaltenen Lasche starr oder fix bleiben. Hat die Schiene einmal durch ihre Dilatation den durch die erweiterten Bolzenlöcher gebildeten Zwischenraum ausgefüllt, so steht sie an den fixen Bolzen an und zieht selbe, falls die Bewegung noch weiter geht, in Mitleidenschaft.

Dieser Umstand gab Veranlassung zu der folgenden Untersuchung über die rationellste Lösung der Dilatations-Vorrichtungen bei Brücken von 10 bis 60<sup>m</sup> Spannweite.

1. Zur Lösung der Frage, wie mit Beibehaltung des allgemeinen Charakters des Oberbau-Gefüges eine rationelle Vorrichtung bewerkstelligt werden könne, muss man sich vorerst Klarheit darüber verschaffen, wie die Dilatation der Brücke im Oberbaue selbst sich äussert.

Zunächst ist zu bemerken, dass, abgesehen von partieller Erwärmung, die Ausdehnung einer Stahlschiene beinahe genau dieselbe wie die einer Eisenconstruction ist.

Die Längenausdehnung für 1° C. ist:

bei ungehärtetem Stahl = 0.0001079,

bei gehärtetem Stahl = 0.0001240.

Arithmetisches Mittel hieraus

= 0.0001159.

Für Stabeisen ist die Ausdehnung für 1<sup>m</sup> und 1° C. = 0.0001235.

Für eine Länge von 9<sup>m</sup> und 90° C. ist demnach die Ausdehnung:

a) einer 9<sup>m</sup> langen Stahlschiene = 9.4<sup>mm</sup>

0.0001159 . 9.0<sup>m</sup> . 90° = 0.0094<sup>m</sup> = 9.4<sup>mm</sup>;

b) einer 9<sup>m</sup> langen Brücke (Stabeisen) = 10.0<sup>m</sup>.

\*) Diese Ausdehnung äussert sich als eine Bewegung oder Vorrückung, und wird in der Folge bald von dem einen wie dem anderen Ausdrucke, als gleichwerthig, Gebrauch gemacht werden.

Man ersieht hieraus, dass, theoretisch genommen, die Ausdehnung der Brücke und Schiene innerhalb der Grenzen einer Schienenlänge sich ziemlich gleich bleibt; die Gleichheit wird beinahe mathematisch, wenn man für die Stahlschiene die Ausdehnung

$$\delta = 0.00001240$$

annimmt.

Denkt man sich nun auf einer Brücke von zwei Schienenlängen zwei Schienen so befestigt, dass dieselben ohne Laschenkupplung durch in den Fuss der Schiene eingekerbte Nägel auf den mit der Brücke fest verbundenen Querschwellen unverrückbar verbunden seien — dass die Schienen also mit der Brücke ein starres System bilden, so ist klar, dass die Schienen jede Bewegung der Brücke mitzumachen gezwungen sind.

Es lässt sich leicht beweisen, dass die zweite Schiene mit ihrem Ende genau dieselbe Bewegung wie die Construction macht; dass dies auch der Fall sein muss, wenn mehr als zwei Schienen auf einer Brücke liegen, liegt auf der Hand; ebenso wird an den Verhältnissen nichts geändert, wenn die Brückenschiene über die Construction hinausragt, weil sie die Bewegung überhaupt mit der Construction mitmacht, woraus der bekannte Satz folgt, dass die letzte Brückenschiene überhaupt die Dilatation der Construction in ihrem vollen Maasse auf das Land überträgt.

2. Dasselbe lässt sich auch für die normale Brücken-Oberbaulage beweisen. Vorausgeschickt wird folgende Betrachtung:

Bei der Erweiterung der Laschenbolzen-Löcher in der Schiene, welche gewöhnlich 6<sup>mm</sup> beträgt, liegt es in der Natur der Sache, dass die Schiene bei der grössten Kälte, welche zu — 30° C. angenommen wird, sich so zusammenziehe, dass die Erweiterung der Bolzenlöcher gegen die Mitte der Schiene zu rücke, und die Schiene an den Enden an die Bolzen anstösst, und demnach eine Pressung der Bolzen gegen die Mitte der Schiene stattfindet.

Bei zunehmender Temperatur dehnt sich die Schiene ebenso von der Mitte nach beiden Seiten hin gleichweit aus — sie ist ja symmetrisch befestigt — und nimmt bei der grössten Wärme, welche zu + 60° C. angenommen wird, eine solche Lage an, dass die Erweiterung der Bolzenlöcher gegen die Enden der Schiene zu rückt und diese letztere selbst an den fixen Bolzen anliegt. Dann findet Pressung im entgegengesetzten Sinne nach den Enden der Schienen hin statt. (Fig. 2.)

Die Eintheilung des Oberbaues ist nun nach den Normalien der k. k. priv. österreichischen Staats-Eisenbahn-Gesellschaft so getroffen, dass bei + 60° C. noch 4<sup>mm</sup> Stossfuge bleiben sollen, während bei — 30° C. diese 13<sup>mm</sup> beträgt \*). Die Ausdehnung der Schiene beträgt somit 9<sup>mm</sup>, was mit der früheren Berechnung für eine 9<sup>m</sup> lange Schiene übereinstimmt.

Die Construction ist an dem einen Ende fix, am anderen beweglich. Die Querschwellen sind durch Schrauben mit der Brücke fest verbunden. Die Schienen sind auf den einzelnen Querschwellen mit Nägeln niedergehalten und durch Winkellaschen mit einander verbunden. Die Nägel an den beiden Stoss-Schwellen greifen durch die Ausschnitte der Winkellaschen und fixiren dieselben auf den Stoss-Schwellen unverrückbar. (Vergleiche Fig. 4.) Hierdurch ist ein starres und unverrückbares Gefüge

\*) Die Bestimmungen entsprechen der Instruction für Oberbau-Legung, welche für die Linie Temesvár-Orsova herausgegeben wurde.

zwischen Lasche, Schwelle und Brücke geschaffen, nur die Schiene ist beweglich, indem sie bei der Ausdehnung

1. unter den Nägeln der Zwischen-Querschwellen, und
2. durch die normalmässig erweiterten Bolzenlöcher im Stege zwischen den Laschenbolzen sich verschieben kann.

Bei  $-30^{\circ}$  C. liegen die Schienen nach dem Obenangeführten so, dass die  $6^{\text{mm}}$  Erweiterung gegen die Schienenmitte zu vertheilt sind, und die Spannung ist gegen die Mitte der Schiene zu gerichtet. (Fig. 3 a.)

Bei steigender Temperatur entstehen umgekehrte Spannungen. (Fig. 3 b.)

Die Schwelle  $a$  bleibt fix; die Schwellen  $b$ ,  $a_1$  und  $b_1$  rücken mit der Construction vorwärts. Da die Schwellen  $b$  und  $a_1$  aber durch die Winkellaschen fest verbunden sind, so gehen die Bolzen  $\beta$  und  $\alpha_1$  mit den Schwellen ebenfalls vorwärts. (Fig. 3 b.)

Da nun bei ein und derselben, auf Brücke und Schiene gleichmässig wirkenden Temperatur-Erhöhung, welcher der Ausdehnungs-Coefficient  $\delta$  entspreche, die Schiene von der Mitte aus in der Richtung  $a b$  sich um  $\frac{\delta l}{2}$  ausdehnt oder vorwärts bewegt, der Bolzen  $\beta$  aber in Folge der Bewegung der Brücke mit dieser um  $\delta l = \frac{2 \delta l}{2}$  vorrückt, und zwar in derselben Zeit, so resultirt auch für das Schienen-Ende bei  $b$  eine geringere Geschwindigkeit als für den Bolzen  $\beta$  selbst. Die Folge davon ist, dass der Bolzen  $\beta$  fortwährend dem Schienen-Ende vorzueilen strebt und daher immer an der Schiene anliegt. Da nun die Festigkeit der Verbindung der Schiene bei  $a$  und  $b$  gleich gross ist, somit auch die Dilatationskraft der Schiene nach beiden Enden hin  $= P_1$ , so ist klar, dass, wenn  $b$  vorrückt, nicht nur an der Schiene ihre Dilatationskraft  $P_1$ , sondern vermöge des Bolzens  $\beta$  auch jene der Brücke  $T^*)$  wirkt.

Bei  $\beta$  greifen daher die Kräfte  $P_1 + T$ , entgegen der Dilatationskraft  $P_1$ , bei  $\alpha$  an.

Es ist aber bei zunehmender Temperatur immer

$$P_1 + T > P_1,$$

woraus folgt, dass, da der Bolzen bei  $\beta$  an der Schiene I anliegt, dieser die Schiene nach  $\alpha_1$  hinzieht und die ganze Dilatation der Schiene nur nach einer Seite stattfinden kann. Die Schiene I bewegt sich also so, als ob sie elastisch wäre; der Bolzen  $\alpha$  bleibt in derselben Lage, wie bei der grössten Kälte, welche Lage als Null-Lage bezeichnet werde, während die Schiene I genau um dasselbe Maass wie die Brücke sich ausdehnte, nämlich um  $\delta l$ ; nur die Spannung in der Schiene hat sich geändert und ist constant im Sinne der Richtung  $a b$ . Dasselbe lässt sich auch für die Schiene II beweisen.

\*) Die Dilatationskraft der Wärme ist

$$P = \delta t.F.E,$$

worin  $\delta$  = der Ausdehnungs-Coefficient,

$t$  = die Temperatur-Erhöhung,

$F$  = der Querschnitt und

$E$  = der Elasticitäts-Modul des Körpers.

$P$  und  $T$  unterscheiden sich hier nur durch  $F$ ; der Querschnitt einer Brücke ist aber unter den zu Grunde gelegten Verhältnissen immer grösser als jener der Schiene; daher auch  $P < T$ . Bei einer  $1^{\text{m}}$  langen Brücke ist der Querschnitt  $F$  beispielsweise  $5382 \text{ cm}^2$ ; während die Schiene nur  $4210 \text{ cm}^2$  Querschnittsfläche besitzt.

Die Schiene II rückte mit dem Bolzen  $\beta_1$  zugleich vor, weil auch hier wieder

$$P_1 + T > P_1.$$

Der Bolzen  $\alpha_1$  blieb im Vergleiche zu  $\beta$  ebenso fix in Bezug auf seine Lage zur Schiene II stehen wie  $\alpha$ , und die ganze Bewegung erfolgte wieder so, dass die Schiene durch den Bolzen  $\beta_1$  nach vorwärts gezogen wurde.

Das Bild der Vertheilung der Schienen um die Bolzen bei der grössten Ausdehnung ist daher ganz genau dasselbe, wie bei der Null-Lage, nur die Spannungen haben gewechselt und wirken im Sinne  $\alpha \beta_1$ . Aus dieser Untersuchung geht hervor, dass beide Schienen sich so bewegen, als ob sie fix mit der Brücke verbunden seien und die gleiche Bewegung mit derselben machen, und ist hiermit bewiesen, dass, wie auch die Laschenverbindung sei, die letzte Brückenschiene die volle Bewegung der Brücke mitmache. Man ersieht aus Obigem, dass die Anbringung von Winkellaschen auf der Brücke selbst keine Gefahren mit sich bringt, weil eben das ganze System des Oberbaues, als ein mit der Brücke fest verbundenes Ganzes, mit letzterem sich ausdehnt\*).

3. Anders jedoch verhält sich die Sache bei der letzten Brücken- und Landschiene. Die beiden Schwellen  $b_1$  und  $a_2$  sind nämlich durch die Winkellasche zu einem unverrückbaren Ganzen verbunden; die Bolzen in den Laschen haben somit einen unveränderlichen Abstand; ausserdem ist  $a_2$  auf einer unbeweglichen Unterlage, dem Mauerwerke oder Schotterkörper gelagert. Rückt nun vermöge der Dilatation der Brücke die letzte Brückenschiene vor, so wird, da  $a_2$  fix bleibt, unbedingt eine Pressung in der Lasche entstehen, welche um so grösser ist, einen je grösseren Werth die Brückenausdehnung  $d$  annimmt. (Fig. 4.)

Da nun der Träger in seiner Bewegung nicht aufhalten kann — er bewegt sich ja auf beweglichem Auflager — so muss in Folge der Pressung entweder die Verbindungsschraube zwischen Brücke und Schwelle  $b_1$  oder die Landschwelle  $a_2$  weichen, und es entsteht in jedem Falle eine Zerstörung des nothwendigen Zusammenhanges.

Daraus folgt:

Die Brückenschiene darf mit der Landschiene nicht durch Winkellaschen verbunden werden.

Da nun in der Praxis in der Regel die letzte Brückenschiene zum Theile auf der Brücke und zum Theile auf dem Lande liegt, so ist klar, dass auch diese die ganze Bewegung der Brücke auf die Landschiene überträgt. Aus demselben Grunde darf deshalb bei dem nachfolgenden Schienenstosse keine Winkellasche in Anwendung kommen, und zwar insoweit nicht, bis nicht die ganze Dilatation der Brücke durch die verfügbaren Stossfugen aufgenommen ist.

Man hat zwar verschiedene Mittel — abgesehen von separaten Dilatations-Vorrichtungen — vorgeschlagen, unter Anderem auch die Erweiterung der Bolzenlöcher im Schienen-

\*) Die Ausdehnung, respective Entfernung  $\delta m$ , welche die zwei Bolzen  $\beta$  und  $\alpha_1$  annehmen können, berechnet sich zu

$$0.00001159.0.097^{\text{m}}.90^{\circ} = 0.0101^{\text{mm}},$$

eine so geringe Differenz, dass derselben durch den dem Bolzen im Bolzenloche der Lasche gewährten Spielraum von  $1^{\text{mm}}$  vollkommen Rechnung getragen wird.

stege derart, dass die Brücken- und jede folgende Landschiene entsprechend der Brückenausdehnung  $d$  unter dem starren Bolzen sich verschieben könne. Dass aber keines der vorgeschlagenen Mittel zum Ziele führe, soll im Folgenden erörtert werden.

### I. Erweiterung der Bolzenlöcher um gleiche Länge.

In der Skizze Fig. 5 ist für die Ausdehnung einer 40<sup>m</sup> langen Brücke der Schnitt durch den Schienenstrang und das Bolzenloch im Stege gezeichnet; statt des zu jeder Seite des Stosses liegenden Bolzenpaares ist, der Raumersparniss halber, nur je ein Bolzen gezeichnet. Der Endbolzen der Brückenschiene  $B$  heisse  $\beta$ ; die entsprechenden der folgenden Landschienen I, II... sind mit  $\beta_1, \beta_2, \dots$  bezeichnet; die Anfangsbolzen analog mit  $\alpha_1, \alpha_2, \dots$ .

Die Laschenverbindung, als unwesentlich, wurde ganz weggelassen.

Nach dem Früheren vertheilen sich die Erweiterungen der Bolzen bei  $-30^\circ\text{C}$ . so, dass die 6<sup>mm</sup> gegen die Mitte der Schiene zu liegen.

Die Totalausdehnung  $d$  der Brücke beträgt theoretisch:

$$d = 0.00001235 \cdot 40 \cdot 0^\circ \cdot 90^\circ = 0.04446^\circ = 44.5^\circ\text{mm}.$$

Vertheilt man dies auf sieben Stösse zu je 7<sup>mm</sup>, so wird jedes Bolzenloch eine abnormale Erweiterung von 7<sup>mm</sup> und eine normalmässige von 6<sup>mm</sup>, zusammen also 13<sup>mm</sup> Weite besitzen.

Diese Erweiterung wird, der Natur der Sache entsprechend, an der der Bewegungsrichtung entgegengesetzten Seite angebracht; die Stossfugen betragen bei der Null-Lage bei  $-30^\circ\text{C}$ . 13<sup>mm</sup>, entsprechend der normalen Oberbau-Lage.

1. Die Stossfuge zwischen der Brückenschiene  $B$  und der Landschiene I von 13<sup>mm</sup> verschwindet, wenn die Temperatur so hoch steigt, dass die Ausdehnung der Brücke (gleich der der Brückenschiene) plus der der halben Landschiene zu 13<sup>mm</sup> wird.

Die Ausdehnung der Brückenschiene, respective Brücke ist aber für  $1^\circ\text{C}$ . und 40<sup>mm</sup> Brückenlänge

$$= 0.00001235 \cdot 40 \cdot 0^\circ = 0.000494^\circ,$$

die der halben Schiene à 9.0<sup>m</sup> Länge

$$0.00001159 \cdot \frac{9.0}{2} = \frac{0.0001042}{2} = 0.0000521^\circ.$$

Die Temperatur-Erhöhung  $x_1$ , welche die Stossfuge  $B I$  von 13<sup>mm</sup> Weite verschwinden macht, ergibt sich daher aus

$$(0.000494 + 0.0000521) x_1 = 0.013^\circ,$$

woraus  $x_1 = 23.8^\circ\text{C}$ ., die relative Temperatur  $t_1$  also

$$-30 + 23.8 = -6.2^\circ\text{C}.$$

wird.

Hierbei dehnte sich die Brücke um  $0.000494 \cdot 23.8 = 11.8^\circ\text{mm}$  und die halbe Schiene I um  $0.0000521 \cdot 23.8 = 1.2^\circ\text{mm}$  aus.

Vernachlässigt man, der einfacheren Rechnung halber, die Ausdehnung jenes Schienenstückes, welches zwischen dem Bolzen  $\beta$  und der Fuge  $B I$  liegt, sowie bei jeder anderen Schiene und substituiert hiefür nur die Ausdehnung der ganzen, respective halben Schienenlänge ein- für allemal, so muss am Bolzen  $\beta$  der Ausschnitt um 11.8<sup>mm</sup>, am Bolzen  $\alpha_1$  um 1.2<sup>mm</sup> gegen den Stoss  $B I$  vorgerückt sein. Die Stossfuge  $B I$  ist verschwunden und die Schienen  $B$  und I sind in Contact, während bei allen folgenden Stössen der Zwischenraum um  $2 \times 1.2 = 2.4^\circ\text{mm}$  sich verminderte, und daher zu  $13 - 2.4 = 10.6^\circ\text{mm}$  ward.

2. Der beim Bolzen  $\beta$  noch befindliche Spielraum von 1.2<sup>mm</sup> wird ausgefüllt bei der Temperatur-Erhöhung  $x_2$ , welche sich findet aus:

$$0.000494 x_2 = 0.0012;$$

$$x_2 = 2.4^\circ\text{C}.,$$

wodurch die relative Temperatur

$$t_2 = (-6.2 + 2.4) = -3.8^\circ\text{C}.$$

wird; die Schiene  $B$  steht am Bolzen  $\beta$  an, während beim Stosse  $B I$ , der schon im Contact war, Pressung eintrat.

Bei der Temperatur-Erhöhung um  $2.4^\circ\text{C}$ . aber dehnten sich die Schienen I, II, III etc. jede um  $0.0001042 \cdot 2.4 = 0.25^\circ\text{mm}$  aus, und zwar nach jeder Seite um 0.12<sup>mm</sup>. Die Stossfugen wurden daher von 10.6 auf 10.35<sup>mm</sup> reducirt.

Nur beim Stosse I II wurde der Zwischenraum ein anderer. Denn da bei  $B I$  schon Contact war, und die Brücke sich um 1.2<sup>mm</sup> ausdehnte und auf die Schiene I mit  $P + T$  einwirkte, während die Dilatationskraft der Schiene selbst nur  $P$  betrug, so musste Schiene I nicht nur ihre Ausdehnung von 0.25<sup>mm</sup> nach der Schiene II hin bewerkstelligen, sondern auch noch um die 1.2<sup>mm</sup>, um welche die Brücke vorrückte, zurückweichen. Der Zwischenraum I II wird somit zu

$$10.6 - (1.2 + 0.25 + 0.125) = 9.03^\circ\text{mm},$$

während die Stossfugen II III, III IV... zu 10.35<sup>mm</sup> sich verringerten. Die Querschnitte der Bolzenlöcher haben sich auch dem entsprechend um die Bolzen vertheilt.

3. Ein weiteres Steigen der Temperatur um  $x_3$ , wobei die Fuge I II von 9.03<sup>mm</sup> ausgefüllt wird, ergibt sich aus:

$$\left(0.000494 + 0.0001042 + \frac{0.0001042}{2}\right) x_3 = 0.00903,$$

somit

$$x_3 = 14.0^\circ\text{C}.,$$

so dass

$$t_3 = (-3.8 + 14.0) = +10.2^\circ\text{C}.$$

Hierbei ist die Fuge I II verschwunden und Contact bei diesen beiden Schienen eingetreten.

Die Zwischenräume II III, III IV etc. sind um

$$0.0001042 \cdot 14.0 = 1.4^\circ\text{mm}$$

verringert und zu  $10.35 - 1.4 = 8.95^\circ\text{mm}$  geworden.

Hierbei hat sich aber bei dem Stosse  $B I$  ein eigenthümlicher Vorgang eingestellt.

Da nämlich die Brücke um  $0.000494 \cdot 14.0 = 6.9^\circ\text{mm}$  sich ausdehnte und ihre Brückenschiene  $B$  um ebenso viel vorrücken musste, diese jedoch an dem in Folge der Winkellaschen-Construction starren Bolzen  $\beta$  schon anstand, so musste dieser die Pressung an die Lasche übertragen — diese wurde sammt dem Bolzen um 6.9<sup>mm</sup> nach vorwärts gerissen. Da aber Bolzen, Lasche und Schwelle ein festgeschlossenes und unverrückbares Gefüge bilden, so entsteht eine Deformation des Oberbau-Gefüges, wie es schon unter Absatz 3 begründet wurde.

Hieraus erhellt, dass die Anbringung von Winkellaschen mit Erweiterung der Bolzenlöcher im obigen Sinne am Lande nicht möglich ist, will man nicht die Solidität des Oberbaues zerstören.

Eine derartige Anordnung ist daher absolut verwerflich, da ein weiteres Steigen der Temperatur diese Deformation nur vergrössern würde.



## II. Erweiterung der Bolzenlöcher um die ganze Brücken-Dilatation.

Eine andere Art, die Ausdehnung einer Brücke im Oberbau zu ermöglichen, besteht darin, die Bolzenlöcher im Steg der Brückenschiene um die ganze Dilatation zu erweitern und in den folgenden Schienen die Ausschnitte um den übrig bleibenden Zwischenraum zu verringern. Nur ist man hier an bestimmte Grenzen gebunden, denn da vom normalmässigen Bolzenloche bis zum andern nur 104<sup>mm</sup> Fleischstärke bleiben, so dürfte es rathsam erscheinen, diese Erweiterung nur bis zu 44<sup>mm</sup> auszudehnen, so dass zwischen zwei Bolzenlöchern noch 60<sup>mm</sup> Fleisch bleiben.

1. Für eine 30<sup>m</sup> lange Brücke (Fig. 6) bei  $-30^{\circ}\text{C}$ . findet sich der erste Ausschnitt der Brückenschiene beim Bolzen  $\beta$  mit

$$0.0001235 \cdot 30 \cdot 0^{\circ} \cdot 90 \cdot 0^{\circ} = 0.0003705 \cdot 90 = 33.45^{\text{mm}},$$

oder rund 34<sup>mm</sup>, so dass die abnormale Erweiterung

$$34 - 6 = 28^{\text{mm}}$$

beträgt.

Die Stossfuge  $B I$  wird ausgefüllt bei der Temperatur  $x_1$ , wenn

$$\left(0.0003705 + \frac{0.0001042}{2}\right) x_1 = 0.013^{\text{m}};$$

so dass

$$x_1 = 30.7;$$

$$t_1 = -30 + 30.7 = +0.7^{\circ}\text{C}.$$

Die Brückenschiene  $B$  ging hierbei um

$$0.0003705 \cdot 30.7 = 11.4^{\text{mm}}$$

und die halbe Schiene  $I$  um

$$\frac{0.0001042}{2} \cdot 30.7 = 1.6^{\text{mm}} \text{ vor.}$$

Die Fugen  $I II$ ,  $II III$ ,  $III IV \dots$  haben sich um

$$13 - 2 \cdot 1.6 = 9.8^{\text{mm}}$$

reducirt, während die Ausschnitte sich entsprechend an den Bolzen verschoben haben.

2. Die Fuge  $I II$  wird bei der Temperatur-Erhöhung  $x_2$  ausgefüllt, wenn

$$\left(0.0003705 + 0.0001042 + \frac{0.0001042}{2}\right) x_2 = 0.0098^{\text{m}},$$

woraus

$$x_2 = 18.6^{\circ}\text{C};$$

$$t_2 = +0.7 + 18.6 = +19.3^{\circ}\text{C}.$$

Die Brückenschiene rückte um

$$0.0003705 \times 18.6 = 6.9^{\text{mm}}$$

vor, sowie auch die Schiene  $I$  bei  $\alpha_1$ , so dass der Ausschnitt bei  $\beta$  sich zu 15.7 und 18.3<sup>mm</sup> vertheilt.

Die Schiene  $I$  musste sich bei  $\alpha_1$  um 6.9<sup>mm</sup> und bei  $\beta_1$  um 6.9<sup>mm</sup> plus ihrer aus bekannten Gründen nur einseitigen Ausdehnung von  $0.0001042 \cdot 18.6 = 2^{\text{mm}}$ , zusammen also um 8.9<sup>mm</sup> verschieben.

Der Zwischenraum bei  $I II$  ist ausgefüllt; die übrigen Zwischenräume sind zu  $9.8 - 2 \cdot 0 = 7.8^{\text{mm}}$  geworden und die Ausschnitte haben sich entsprechend vertheilt.

3. Verfolgt man auf diese Weise den Vorgang weiter, so findet man:

$x_0 = 0.0^{\circ}\text{C}$	$e_0 = 0.0130^{\text{m}}$	$d_0 = 0.0340^{\text{m}}$
$x_1 = 30.7^{\circ}\text{C}$	$e_1 = 0.0098^{\text{m}}$	$d_1 = 0.0226^{\text{m}}$
$x_2 = 18.6^{\circ}\text{C}$	$e_2 = 0.0079^{\text{m}}$	$d_2 = 0.0157^{\text{m}}$
$x_3 = 12.3^{\circ}\text{C}$	$e_3 = 0.0066^{\text{m}}$	$d_3 = 0.0112^{\text{m}}$
$x_4 = 9.0^{\circ}\text{C}$	$e_4 = 0.0057^{\text{m}}$	$d_4 = 0.0079^{\text{m}}$
$x_5 = 6.8^{\circ}\text{C}$	$e_5 = 0.0050^{\text{m}}$	$d_5 = 0.0054^{\text{m}}$
$x_6 = 5.3^{\circ}\text{C}$	$e_6 = 0.0045^{\text{m}}$	$d_6 = 0.0034^{\text{m}}$
$x_7 = 4.3^{\circ}\text{C}$	$e_7 = 0.0040^{\text{m}}$	$d_7 = 0.0017^{\text{m}}$
$x_8 = 3.0^{\circ}\text{C}$	$e_8 = 0.0037^{\text{m}}$	$d_8 = 0.0000^{\text{m}}$

$$x_0 + x_8 = 90.0^{\circ}\text{C},$$

worin  $e_0 \dots e_8$  die offenen Stossfugen, welche nach den in Contact getretenen Schienen sich bilden, und  $d_0 \dots d_8$  die Verschiebungen des Ausschnittes an der Brückenschiene gegen die Schiene  $I$  hin bedeuten.

Die Ausschnitte, welche jede Schiene erhalten muss, bestimmen sich daraus, das an den Bolzen  $\alpha_n$  der Spielraum des vorhergehenden Bolzens  $\beta_{n-1}$  vorhanden sein muss, während bei den Bolzen  $\beta_n$  der Spielraum noch um die der Schienenanzahl entsprechende Ausdehnung vermehrt werden muss, wie man leicht finden kann und die Skizze es zeigt.

Bis  $+60^{\circ}\text{C}$ , wo sämtliche Schienen in Contact treten, steht der Vorwärtsbewegung kein Hinderniss im Wege, da hiebei weder Laschen noch Bolzen in Mitleidenschaft gezogen werden.

5. Anders jedoch gestaltet sich die Sache beim Sinken der Temperatur, wobei das ganze System eine rückläufige Bewegung machen muss. Da die einzelnen Schienen unter sich nicht verbunden sind, da sie beim Vorrücken nur aufeinander drücken, so wird bei sinkender Temperatur die Brückenschiene allein zurückgehen, ohne dass sie die 1<sup>te</sup> Landschiene mit sich ziehe, während alle anderen Schienen nur um die ihrer Länge entsprechende Contractibilität sich zusammenziehen, wobei sie bei dem Anstehen an die Bolzen  $\alpha_{(n)}$  nur nach einer Richtung sich zusammenziehen können.

Bei erfolgtem Rückgange bis zu  $-30^{\circ}\text{C}$ . zeigt sich daher bei der Brückenschiene eine klaffende Fuge, welche eine unliebsame Unterbrechung des Oberbaues bildet, zu welchem Gebrechen sich noch der Umstand gesellt, dass der Steg der Schienen zu sehr geschwächt wird und dass die neuerliche Vorrückung nach ganz anderen Gesetzen erfolgen wird, daher nie regelmässig functioniren kann.

Wie man aus dem Obigen ersieht, genügt weder die eine noch die andere Art der Dilatations-Vorrichtung; sie leiden beide an dem Mangel regelmässiger Contractibilität, respective genauer rückläufiger Bewegung, da die Verbindung der gleitenden Schienen unter sich fehlt.

Diesem Mangel muss daher durch eine Hemmung abgeholfen werden, und dies kann dadurch geschehen, dass durch die Laschenverbindung eine ungefährliche Verbindung der Schienen unter sich hergestellt wird; mit anderen Worten: die Winkel-lasche als fix mit der Schwelle verbunden, muss entfallen, und können nur einfache Kupplungslaschen oder ausgestemmte Winkellaschen — welche aber hiedurch zur Kupplungslasche werden — in Anwendung kommen.

Diese Laschenverbindung muss mit der Schiene sich bewegen können; sie muss demnach eine bewegliche sein, und mit Festhaltung dieser Principien sind folgende Anordnungen möglich:

### III. Verbindung mit beweglichen Laschen.

#### a) Ausschnitt in den Schienen.

Analog dem sub I behandelten Falle werden die Schienen bei den Bolzen  $\alpha$  um eine der Ausdehnung der Schiene entsprechende Erweiterung ausgeschnitten, während die Ausschnitte bei den Bolzen  $\beta$  normal bleiben. Die Laschen sind durch die Bolzen mit der Schiene verbunden, ohne dass eine Fixirung mit der Schwelle durch Nägel vorhanden ist; sie können sich also ohne Hinderniss mit der Schiene bewegen.

Analog dem früheren Rechnungsgange lässt sich leicht beweisen, dass sowohl die Vor- als Rückwärtsbewegung der Schienen ohne Anstand vor sich geht und genau functionirt, weil eine Schiene mit der anderen durch die Bolzen  $\beta$  verbunden ist.

Ich übergehe hier diese Berechnung, da sie leicht durchgeführt werden kann. Nun aber ging mein Streben dahin, die Schiene vor der theueren, umständlichen und namentlich bei Stahlschienen schädlichen Inangriffnahme durch den Meissel bei Erweiterung der Bolzenlöcher, und vor der dadurch hervorgerufenen Schwächung des Schienensteges zu bewahren, was man dadurch erreichen kann, wenn man die abnormale Erweiterung nicht in der Schiene, sondern in der Lasche selbst anbringt, so dass die Bolzen mit den Schienen in den Laschen sich verschieben können. Dass auch hier die Winkellasche als solche nicht verwendbar ist, geht aus dem Früheren hervor.

#### b) Ausschnitt in den Laschen.

In Fig. 7 ist der Schnitt der Schienen und der Laschen ersichtlich, sowie je ein Bolzen nächst dem Stosse.

Die Anordnung ist so getroffen, dass die normale Erweiterung des Schienenbolzen-Loches mit 6<sup>mm</sup> bleibt, dagegen in der Lasche bei den Bolzen  $\beta_n$  das Loch um 7<sup>mm</sup> erweitert wurde, während bei den Bolzen  $\alpha_n$  ebenfalls nur das normalmässige Bolzenloch bestehen bleibt.

1. Betrachtet man nun eine 40·0<sup>m</sup> lange Brücke bei -30° C., so findet man, dass bei  $\beta$  die Schiene  $B$  an den Bolzen  $\beta$  anrückt, wenn

$$0\cdot000494 x_1 = 0\cdot006^m;$$

so dass

$$x_1 = 12\cdot15^\circ; t_1 = -30 + 12\cdot15 = -17\cdot85^\circ \text{ C.}$$

Zugleich aber rückte die Schiene I, sowie jede folgende Schiene um

$$\frac{0\cdot0001042}{2} \cdot 12\cdot15^\circ = 0\cdot63^m$$

nach jeder Seite vor; die Stossfuge  $B I$  wurde demnach zu  $13 - (6\cdot0 + 0\cdot63) = 6\cdot37^m$ ; die folgenden aber zu

$$13 - 2\cdot0\cdot63 = 11\cdot74^m,$$

und die Ausschnitte der Löcher vertheilen sich um die Bolzen zu 0·63, respective 5·37<sup>mm</sup>.

2. Rückt nun die Brückenschiene sammt dem Bolzen  $\beta$  um die in der Lasche vorhandene Erweiterung von 7<sup>mm</sup> vor, so geschieht dies bei einer Temperatur-Erhöhung von  $x_2$ , welche sich findet aus:

$$0\cdot000494 x_2 = 0\cdot007^m;$$

$$x_2 = 14\cdot17^\circ \text{ C.};$$

$$t_2 = (-17\cdot85 + 14\cdot17) = -3\cdot68^\circ \text{ C.}$$

Nun liegt der Bolzen  $\beta$  an der Lasche satt an, die Schiene  $B$  ebenfalls am Bolzen  $\beta$ , und es treten daher Schiene, Bolzen und Lasche in innigen Contact, so dass sie ein fest an einander gepresstes, einziges Gefüge bilden, wobei jede weitere Bewegung der Schiene  $B$  sowohl durch den Bolzen  $\beta$  auf die Lasche, als auch unmittelbar auf die Schiene  $I$  wirkt.

Beim Vorrücken der Schiene  $B$  um 7<sup>mm</sup> wurde der Zwischenraum  $B I$ , der nur 6·37<sup>mm</sup> war, ausgefüllt; aus bekannten Gründen aber auch die Schiene  $I$  um die fehlenden 0·63<sup>mm</sup> zurückgedrängt, so dass Contact auch bei  $\alpha_1$  eintrat; beim Bolzen  $\beta_1$  wurde der Zwischenraum von 5·37<sup>mm</sup> um

$$0\cdot63 + 0\cdot0001042 \cdot 14\cdot17^\circ = 2\cdot11^m$$

vermindert, und zu 3·26, respective 2·74<sup>mm</sup>.

Die Fuge  $I II$  wurde zu

$$11\cdot74 - \left(0\cdot63 + 2\cdot11 + \frac{2\cdot11}{2}\right) = 8\cdot89^m,$$

während bei allen anderen Stössen dieselbe zu

$$11\cdot74 - 0\cdot0001042 \cdot 14\cdot17^\circ = 10\cdot26^m$$

ward, und die Vertheilung der Querschnitte zu 1·37, respective 4·63 sich regulirte.

3. Steigt die Temperatur so hoch, dass die Schiene mit dem Bolzen  $\beta_1$  in Contact tritt, was unter der Bedingung

$$(0\cdot000494 + 0\cdot0001042) x_3 = 0\cdot00326$$

geschieht, so dass

$$x_3 = 5\cdot45^\circ \text{ und } t_3 = +1\cdot77^\circ \text{ C.}$$

wird, so ist der Bolzen  $\beta$  um

$$0\cdot000494 \cdot 5\cdot45^\circ = 2\cdot69^m$$

vorgegangen. Da aber die Schiene sammt dem Bolzen und Lasche sowohl bei  $\beta$  als  $\alpha_1$  im Contacte war, so musste die ganze Lasche diese Bewegung mitmachen, und sowohl  $\beta$  als  $\alpha_1$  um 2·69<sup>mm</sup> vorrücken. Die gesammte Vorrückung von  $\beta$  beträgt daher

$$7 + 2\cdot69 = 9\cdot69^m,$$

während  $\alpha_1$  nur um 2·69<sup>mm</sup> vorrückte.

Wie leicht gefunden wird, wurde die Stossfuge  $I II$  zu 5·35<sup>mm</sup>, die Stossfuge  $II III$ ,  $III IV$ ... zu 9·70<sup>mm</sup>; der Ausschnitt um die Bolzen vertheilte sich zu 1·65, respective 4·35<sup>mm</sup>.

4. Beim Steigen der Temperatur auf eine Höhe  $x_4$  derart, dass der Bolzen  $\beta_1$  um den in der Lasche befindlichen Ausschnitt von 7<sup>mm</sup> vorrücke, was bei der Bedingung

$$(0\cdot000494 + 0\cdot0001042) x_4 = 0\cdot007$$

geschieht, so dass

$$x_4 = 11\cdot70; t_4 = +13\cdot47^\circ$$

wird, so entsteht wieder Contact zwischen der Schiene, Bolzen und Lasche bei  $\beta_1$ .

Hiebei ging der Bolzen  $\beta$  um

$$0\cdot000494 \cdot 11\cdot70 = 5\cdot78^m$$

vor; seine gesammte Vorrückung beträgt daher

$$5\cdot78 + 9\cdot69 = 15\cdot47^m;$$

der Bolzen  $\alpha_1$  dagegen um

$$5\cdot78 + 2\cdot69 = 8\cdot47^m$$

und der Bolzen  $\beta_1$  um 7<sup>mm</sup>.

Beim Stosse  $I II$ , wo nur 5·35<sup>mm</sup> Spielraum war, ist, da das ganze System um 7<sup>mm</sup> vorging, Contact der Schienen eingetreten, und bei  $\alpha_2$  Contact zwischen Bolzen und Schiene, weil die Schiene  $II$  gerade um die noch vorhandenen 1·65<sup>mm</sup>

zurückweichen musste. Diese letztere musste auch aus bekannten Gründen ihre eigene Dilatation von

$$0.0001042 \cdot 11.70 = 1.22^{\text{mm}}$$

nach dem Bolzen  $\beta_2$  hin bewerkstelligen, so dass dort der Ausschnitt zu

$$4.35 - (1.65 + 1.22) = 1.48, \text{ respective } 4.52^{\text{mm}}$$

geworden ist, während der Stoss II III um

$$1.65 + 1.22 + \frac{1.22}{2} = 3.48^{\text{mm}}$$

sich verringerte, und demnach zu  $6.22^{\text{mm}}$  wurde, während alle folgenden Stösse um  $1.22^{\text{mm}}$  sich verringerten, zu

$$9.70 - 1.22 = 8.48^{\text{mm}}$$

wurden, und die Ausschnitte zu  $2.26$ , respective  $3.74$  sich vertheilten.

5. Aus dem bisherigen Gange der Rechnung ist zu ersehen, dass jede Schiene, wenn sie mit den Bolzen  $\beta_{(n)}$  in Contact trat, noch um  $7^{\text{mm}}$  den Bolzen verschieben konnte, ehe sie mit der Lasche und dem Bolzen  $\alpha_{n+1}$  in Contact trat, und erst dann das ganze System vorwärts rückte.

Verfolgt man nun in analoger Weise die Bewegung, bis die Temperatur beispielsweise  $+41.39^\circ \text{C.}$  geworden ist, wobei gerade noch der Bolzen  $\beta_2$  um  $7^{\text{mm}}$  vorrückte, und bei  $\beta_2$  noch  $1.46^{\text{mm}}$  vom Ausschnitte in Anspruch genommen wurden, so findet man für das Vorrücken der einzelnen Bolzen folgende Werthe:

	$\beta$	$\alpha_1$	$\beta_1$	$\alpha_2$	$\beta_2$	$\alpha_3$	$\beta_3$	$\alpha_4$	$\beta_4$	$\alpha_5$	$\beta_5$
I	29.27	22.27	23.71	16.71	18.14	11.14	12.58	5.58	7.0	0	.
II	(30)	(24)	(24)	(19)	(19)	(13)	(13)	(7)	(7)	(2)	(2)

Man erhält die sub I angeführten Werthe sofort durch Rechnung, wenn man erwägt, dass die ganze Brücke um

$$-30 + 41.39 = 71.39^\circ$$

absoluter Temperatur sich ausdehnte. Es ist nämlich

$$0.000494 \cdot 71.39 = 35.27^{\text{mm}}$$

Da nun, ehe der Bolzen  $\beta$  vorrücken konnte, die Schiene erst die normalmässige Erweiterung ihres Bolzenloches durch Vorrücken um  $6^{\text{mm}}$  ausfüllen musste, um mit dem Bolzen  $\beta$  in Contact zu treten, so ergibt sich die Vorrückung des Bolzens  $\beta$  zu

$$35.27 - 6.00 = 29.27^{\text{mm}}$$

Der Bolzen  $\alpha_1$  rückte bekanntlich um  $7^{\text{mm}}$  weniger vor als  $\beta_1$ , daher nur um

$$29.27 - 7.00 = 22.27^{\text{mm}}$$

Der Bolzen  $\beta_1$  gehört der Schiene I an. Da diese mit der Brücke ein starres System bildet, so ist ihre Vorrückung

$$(0.000494 + 0.0001042) 71.39 = 42.71^{\text{mm}}$$

Nachdem aber, bevor  $\beta_1$  in Action tritt,

$$7 + 6 = 13^{\text{mm}}$$

von der Schiene B durchlaufen, und Schiene I vor dem Contacte mit  $\beta_1$  selbst um  $6^{\text{mm}}$  vorgehen musste, so verringert sich obiges Maass um

$$13 + 6 = 19^{\text{mm}}$$

und ist daher die Vorrückung von

$$\beta_1 = 42.71 - 19 = 23.71^{\text{mm}}$$

Das Gesetz der Vorrückung der Bolzen  $\beta_{(n)}$  drückt sich daher allgemein durch die Formel

$$b_n = (\Delta L + n \delta l) t - 0.013 n - 0.006 \dots A)$$

aus, worin  $L$  die Länge der Brücke,  $l$  die der Schiene,  $\Delta$  der Ausdehnungs-Coëfficient für die Brücke,  $\delta$  jener der Schiene,  $t$  die absolute Temperatur und  $b_n$  die entsprechende Vorwärtsbewegung des Bolzens  $\beta_n$  angibt.

Das ist zugleich auch das Maass, um welches die Winkel laschen ausgearbeitet werden müssen, damit sie als Kupplungs laschen fungiren können\*).

In der obigen Tabelle ist dieses Maass sub II auf ganze Millimeter abgerundet, und für die Bolzen  $\alpha_{(n)}$  stets der Werth von  $\beta_{(n)}$  gesetzt, was später erläutert werden soll. Die letzte in Anspruch genommene Schiene ergibt sich aus dem Umstande, dass die Dilatation immer nur um die Stossfuge  $d = 0.013^{\text{mm}}$  verringert wird, daher ist

$$(\Delta L + n \delta l) t + \frac{\delta l t}{2} = (n + 1) d,$$

woraus

$$n = \frac{d - \left( \Delta L + \frac{\delta l}{2} \right) t^{**})}{\delta l t - \alpha} \dots B)$$

sich ergibt; bei dieser Schiene also wird die normale, im currenten Oberbaue sich äussernde Dilatation beginnen, und ist von hier an keine weitere Vorrichtung mehr nöthig.

6. Betrachtet man nun die Rückwärtsbewegung des Systems bei sinkender Temperatur, so erhält man Folgendes: Fällt die Temperatur  $t_{(n)}$  so tief unter  $+41.39^\circ \text{C.}$ , dass die Brücke, respective Brückenschiene B, um  $6^{\text{mm}}$  sich zurückziehe, so steht die Schiene B nur am Bolzen  $\beta$  an, während die Laschen unberührt bleiben. Bei Stoss B I ist dann ebenfalls  $6^{\text{mm}}$  Stossfuge eingetreten, während bei den übrigen Stössen I II, II III... die Schienen I, II... nur einseitig, und zwar aus bekannten Gründen nur bei den Bolzen  $\beta_{(n)}$  sich zusammenziehen konnten. Dadurch entstand bei jedem Stosse eine der Temperatur  $t_{n-1}^0$  entsprechende Stossfuge. Bei weiterem Sinken der Temperatur wird der jetzt an der Schiene B anliegende Bolzen  $\beta$  zurückgezogen, und zwar bis zum Contacte mit der Lasche, was nach  $7^{\text{mm}}$  der Fall ist. Hiebei ist am Stoss B I ebenfalls eine Fuge von

$$7 + 6 = 13^{\text{mm}}$$

entstanden, während bei jedem folgenden Stosse ein der Temperatur  $t_{n-2}^0$  entsprechender Zwischenraum sich bildete.

Sinkt nun die Temperatur auf  $t_{n-3}^0$ , so ist klar, dass, nachdem bei  $t_{n-2}^0$  Schiene, Bolzen und Lasche bei  $\beta$  in Contact getreten, die Lasche vom Bolzen  $\beta$  nach rückwärts gezogen wurde; diese nimmt den Bolzen  $\alpha_1$  und die Schiene I, die an diesem ansteht, mit sich, bis letztere wieder mit  $\beta_1$  in Contact tritt.

Das Spiel erneuert sich von nun an genau so, wie es bei  $\beta$  sich äusserte u. s. f. Die Vertheilung der Zwischenräume, sowohl der Stossfuge als der Bolzenloch-Erweiterungen, erfolgt genau so, wie es die Null-Lage bedingt\*\*\*).

\*) Hieraus erkennt man auch, dass bei der früheren Anwendung von Kupplungslaschen weniger Zerstörungen des Oberbaues vorkame, weil dieselben eben die Bewegung der Schienen mitmachten, wenn nur die Befestigungsart der Schiene das Gleiten unter den Nägeln erlaubte.

\*\*) Für den obigen Fall ist

$$\Delta L t = 35.27; \delta l t = 7.44,$$

daher  $n = 4.67$ . Die fünfte Schiene ist somit die letzte, bei welcher der Bolzen noch vorrückt, während die sechste Schiene schon keine zufällige Erweiterung der Laschenbolzenlöcher mehr nöthig hat.

\*\*\*). Durch analoges Rückwärtsrechnen liesse sich dies ebenso beweisen, wie die Vorwärtsbewegung.

Wie man also ersieht, steht auch hier der gleichförmigen Rückwärtsbewegung kein Hinderniss im Wege, und fungirt die Vorrichtung mit aller nur wünschenswerthen Exactheit. Die

#### Anwendung auf die Praxis

gestaltet sich folgendermassen:

Vor Allem ist zu bemerken, dass, wenn auch die Temperatur-Differenzen einer Gegend von  $-30$  bis  $+60^{\circ}\text{C.}$  variiren, für die Ausdehnung einer Brücke mit Gitterwerk, wegen der nur von einer Seite beleuchteten Trägerfläche, mit Fug und Recht nur  $\frac{1}{3}$  der gewöhnlichen Lufttemperatur in Rechnung gezogen zu werden brauchen, somit  $60$ , höchstens  $70^{\circ}$ , für welche auch das letzte Beispiel einer  $40^{\text{m}}$  langen Brücke durchgeführt wurde. Die gesammte Ausdehnung derselben beträgt daher

$$0.00001235 \cdot L \cdot t_m,$$

worin  $t_m$  die reducirte Lufttemperatur bedeutet, und, um bei dem vorhergehenden Beispiele zu bleiben, mit  $44.46^{\text{mm}}$  angenommen werden möge.

Nach der Formel B) ergibt sich die Anzahl  $n$  der mit angearbeiteten Laschen zu versehenen Schienen; nach der Formel A) erhält man die Werthe für die Bewegung der Bolzen  $\beta_{(n)}$ . Zur Erzielung einer gleichförmigen Anarbeitung der Lasche wird die Bewegung der Bolzen  $\alpha_{(n)}$  gleich jener der Bolzen  $\beta_{(n)}$  angenommen, wie es auch in der sub III b, Absatz 5 entwickelten Tabelle bei den sub II eingeklammerten Zahlen durchgeführt wurde.

Da nun eine Winkellasche durch zwei Nägel, welche vermittelst zweier Einkerbungen in die Winkel derselben eingreifen, sowie durch zwei Nägel, welche satt an den Enden der Laschen anliegen, fixirt ist, und einer Vorwärtsbewegung nur die drei letzten Nägel hindernd entgegenstehen, so ist sofort klar, dass nur die letzten drei Punkte anzuarbeiten sind. Betrachtet man nun eine Lasche, welche z. B. den Bolzen  $\beta_1$  und  $\alpha_2$  entspricht (Fig. 8), so muss die erste Einkerbung um  $24^{\text{mm}}$ , die zweite um  $19^{\text{mm}}$ , und zwar im entgegengesetzten Sinne der Bewegungsrichtung erweitert werden, sowie das Ende der Lasche ebenfalls um  $19^{\text{mm}}$  abzunehmen ist.

Werden nun die ersten zwei Bolzenlöcher um den überall gleichmässig anzubringenden, abnormalen Spielraum von  $6^{\text{mm}}$  erweitert — die Bolzenlöcher besitzen ohnedies schon einen normalmässigen Spielraum von  $1^{\text{mm}}$  und haben demnach  $7^{\text{mm}}$  verfügbares Spiel — so ist die Lasche hiedurch, ohne ihren allgemeinen Charakter zu verlieren, zur Kupplungslasche geworden und zur Ermöglichung der Dilatation im obigen Sinne tauglich. Es erübrigt nun nur noch die Anarbeitung der zugehörigen Flachlasche, deren Anordnung in Fig. 8, sowie in Fig. 9 die Anordnung der ganzen Vorrichtung ersichtlich gemacht ist.

Aehnlich ist die Anarbeitung für jeden anderen Werth von  $\beta$  und  $\alpha$  auszuführen; nur ist zu bemerken, dass, wo der Ausschnitt am Ende der Lasche zu nahe an den der zweiten Einkerbung anrückt, es praktisch erscheint, von der letzteren ab überhaupt den ganzen Winkeltheil abzumeisseln.

Durch diese Anordnung ist das charakteristische Gefüge des Oberbaues nicht gestört, und brauchen nicht zweierlei Laschensysteme angewendet zu werden, was für die Erhaltung von grossem Werthe ist. Auch kann jeder Schlosser die Anarbeitung der Laschen vornehmen, ohne dass eine separate und kostspielige Dilatations-Vorrichtung nöthig fällt.

Für die Anwendung einer solchen Vorrichtung, welche Laschen-Dilatations-Vorrichtung genannt werden möge, eignen sich sowohl gewöhnliche, wie auch Trägerlaschen, welche letztere ohnedies überall da in Anwendung kommen können, wo abnormale Stossfugen bei einer weniger gewissenhaft auf die Temperatur Rücksicht nehmenden Oberbauanlage vorkommen. (Fig. 9 a.)

Es wird durch diese die Continuität des Oberbaues am wenigsten gestört, indem durch die überhöhte Lasche die Stossfugen weniger fühlbar gemacht werden. Berechnet man nun für  $1-60^{\text{m}}$  Spannweite mit Rücksicht auf  $70^{\circ}\text{C.}$  absoluter Temperatur-Differenz die Dilatationen und die Anzahl der mit angearbeiteten Laschen zu versehenen Schienen, so erhält man folgende

Tabelle:

Post Nr.	Länge L der Brücke	Dilatation $\Delta L t$	Dilatation $\delta L t$	Anzahl der Schienen n		Bemerkungen
				laut Rechnung	in praxi	
1	9.0	7.781	7.294	-0.280	0	
2	10.0	8.645	"	-0.124	0	
3	12.0	10.374	"	+0.178	1	
4	15.0	12.968	"	+0.633	1	
5	18.0	15.561	"	+1.088	2	
6	20.0	17.390	"	+1.233	2	
7	25.0	21.613	"	+2.148	3	
8	30.0	25.935	"	+2.905	3	
9	35.0	30.257	"	+3.663	4	
10	40.0	34.580	"	+4.421	5	
11	45.0	38.902	"	+5.178	6	
12	50.0	43.225	"	+5.936	6	
13	55.0	47.547	"	+6.693	7	
14	60.0	51.870	"	+7.451	8	

Aus obiger Tabelle ist ersichtlich, dass bis zu  $12^{\text{m}}$  Spannweite keine besondere Vorrichtung nöthig ist, da die Ausdehnung der Schiene bei  $13^{\text{m}}$  Stossfuge noch immer möglich ist.

Bei  $9^{\text{m}}$  langen Schienen erstreckt sich die Vorrichtung für eine  $40^{\text{m}}$  lange Brücke auf  $5 \times 9 = 45^{\text{m}}$ , und bei einer  $60^{\text{m}}$  langen Brücke schon auf  $8 \times 9 = 72^{\text{m}}$  Länge des currenten Oberbaues. Will man diese Vorrichtung auf eine so grosse Länge nicht anwenden, so empfehlen sich separate Dilatations-Vorrichtungen, wie solche in Heusinger von Waldeggs „Handbuch für specielle Eisenbahn-Technik“ beschrieben sind, obwohl sie viel theurer zu stehen kommen.

Es stellen sich nämlich die Kosten eines nach obigen Principien zugearbeiteten Laschenpaares auf  $0.275$  Schlosser-Tag-schichten à fl. 2.00 = . . . . . fl. 0.55  
Hiezu 10% für Werkzeuge etc. . . . . fl. 0.05  
somit Kosten der Anarbeitung eines Laschenpaares fl. 0.60 ö. W.

Für eine separate Dilatations-Vorrichtung bei einer  $72.76^{\text{m}}$  langen schiefen Brücke wurde, an Ort und Stelle verlegt, fl. 250 ö. W. sammt den vier Stück  $9^{\text{m}}$  langen Schienen bezahlt; wird der Werth der letzteren in Abschlag gebracht, so stellt sich dieselbe auf fl. 88 ö. W., während für eine Laschen-Dilatation nur zehn Schienen mit Laschen versehen werden müssen. Die Kosten der Anarbeitung der entsprechenden 20 Laschenpaare stellten sich blos auf fl. 12, was eine Ersparniss von fl. 76 oder 86.3% zu Gunsten der letzteren gibt. Die Anbringung

erfolgt mit der currenten Oberbaulage und verursacht keine weiteren Kosten.

Allerdings dürfte eine so lange Dilatations-Vorrichtung ( $10 \times 9 = 90^m$ ) den Nachtheil haben, dass die Lockerung der Schienennägel in erhöhterem Maasse beim Wirken der Dilatationskraft auftritt; ob aber dies wirklich auch in so grossem Maasse der Fall ist, dass dieser Factor das finanzielle Moment der theueren Anlagekosten einer separaten Dilatations-Vorrichtung aufwiegt, darüber können nur die Beobachtungen der Bahnerhaltung Aufschluss geben, über welche ich bis jetzt noch keine Erfahrungen sammeln konnte \*).

Die Einlagerung von Sand, Schotter u. s. w., und die dadurch eventuell bedingte Unverlässlichkeit der Functionirung dürfte durch Anwendung von Bolzen-Versicherungsplättchen vollkommen verhindert werden und lässt sich auch ebenso leicht die eingedrungene Unreinigkeit durch Lüftung der Bolzen beseitigen.

Die Kosten einer Laschen-Dilatations-Vorrichtung per Brückenlänge  $L$  ergeben sich aus der obigen Tabelle allgemein zu

$$K = \left( \frac{L}{6} - 2 \right) p$$

in runden Zahlen, wenn  $p$  die Kosten eines Laschenpaares bedeutet.

Die obige Untersuchung ergibt daher folgendes Resultat:

Die Dilatation einer Brücke wird am zweckmässigsten und billigsten — bis zu einer gewissen, durch ihre im currenten Oberbau bedingte Länge — durch angearbeitete Kupplungs-, Winkel- oder Trägerlaschen bewerkstelligt, ohne dass das Oberbau-Gefüge in seinem allgemeinen Charakter alterirt wird.

Stadlau, im November 1879.

## Ueber ein neues Gesetz der Formänderung bildsamer Körper \*\*).

Mitgetheilt durch

Regierungsrath Professor **Friedrich Kick**.

Das zu besprechende Deformations-Gesetz lautet:

Die Arbeitsgrössen, welche erforderlich sind, um geometrisch ähnliche Körper gleicher materieller Beschaffenheit gleichartig und unter gleichen Geschwindigkeiten zu deformiren, verhalten sich wie die Volumen oder Gewichte dieser Körper. Hierbei ist unter gleichartiger Deformation jene verstanden, bei welcher in den einzelnen in Vergleich gezogenen Stufen der

\*) Ein einfacher Versuch nach der oben eingeschlagenen Berechnungsweise zeigt, dass diese Art der Dilatations-Vorrichtung nicht mehr auf eine kleinere, als die angegebene Schienenanzahl beschränkt werden kann, denn wenn auch der Laschenausschnitt grösser als  $13^m$  gemacht werden sollte, so wird nicht nur dieselbe Anzahl von Schienen in Mitleidenschaft gezogen, sondern es müsste auch das zweite Bolzenloch-Paar der Lasche entsprechend ausgearbeitet werden, was, ohne etwas an der Länge zu sparen, nur die Kosten vertheuern würde. Dies wird sofort klar, wenn man erwägt, dass die Brücken-Dilatation nur auf Kosten der Stossfuge von  $13^m$  sich verringern kann, und daher immer dieselbe Anzahl von Schienen in Anspruch genommen werden muss, wie auch die Laschen zugearbeitet seien. Dies beweist auch die Formel B).

\*\*) Dieser Artikel ist in seinem grösseren Theile übereinstimmend mit dem am 29. November 1879 gehaltenen Vortrage, doch sind am Schlusse die Ergebnisse neuerer Versuche beigelegt.

Formänderung die Versuchskörper wieder zu einander geometrisch ähnlich sind.

Mathematisch drückt sich das erwähnte Gesetz durch die Proportion

$$A_1 : A_2 = V_1 : V_2 = G_1 : G_2 = 1 : a^3 \dots 1)$$

aus, wobei  $A$  die Arbeitsgrössen,  $V$  die Volumen,  $G$  die Gewichte und  $a$  das Verhältniss der correspondirenden linearen Dimensionen der Versuchskörper bedeuten.

In der Form 1) ist das Gesetz bequem für die Beurtheilung aller jener Formänderungen, bei welchen Stösse oder Schläge zur Anwendung kommen; für solche aber, welche bei Anwendung ruhigen Druckes erfolgen, lässt sich bequemer eine zweite Form benützen:

$$Q_1 : Q_2 = F_1 : F_2 = 1 : a^2 \dots 2),$$

wobei  $Q$  die Pressung,  $F$  die analogen Querschnitte und  $a$  wieder das Verhältniss der linearen Dimensionen bedeuten.

Die vorstehende Deformations-Regel hat sich bei verschiedenen Versuchen in einer Schärfe bestätigt, dass an der Richtigkeit derselben nicht mehr gezweifelt werden kann. Es sollen jedoch hier nur solche Versuche Erwähnung finden, welche nicht bereits schon von uns im 1. und 2. November-Heft 1879 von „Dingler's polytechnischem Journale“ unter dem Titel „Beiträge zur Mechanik weicher Körper“, von Professor Friedrich Kick und Ferdinand Polak, veröffentlicht wurden.

Diese neuesten Versuche sind nur Schlagversuche, bei welchen sich als besonders vorzügliches Materiale Kupfer (Stehbolzenstangen) erwiesen hat. Es wurden zwei Kupfercylinder  $C_1$  und  $C_1'$  von den nachstehend angegebenen Dimensionen unter einem Dampfhammer von  $1300^{kg}$  durch Wägung bestimmtem activen Gewichte (Hammerklotzgewicht abzüglich der Reibung) bei je einem Schläge von gemessener Fallhöhe deformirt \*). Andererseits stand mir ein kleines Schlagwerk im technologischen Cabinet zu Gebote, dessen Schlagklotz ein actives Gewicht von  $6.7^{kg}$  besitzt. Bei gleicher Fallhöhe verhalten sich die Schlagarbeiten

$$A_1 : A_2 = 1300 : 6.7,$$

oder nach Gleichung 1)

$$1300 : 6.7 = 1 : a^3;$$

hieraus bestimmt sich  $a$

$$a = \sqrt[3]{\frac{1300}{6.7}} = \sqrt[3]{194} = 5.79,$$

daher die linearen Abmessungen des kleinen Vergleich-Cylinders  $C_2$  sich zu  $\frac{1}{5.79}$  von den correspondirenden Abmessungen des grossen Cylinders  $C_1$  ergeben.

Man rechnete sich also die Dimensionen des kleinen Cylinders und liess hiernach solche anfertigen; es sind dies die Cylinderchen  $C_2$  und  $C_2'$  der nachfolgenden Tabelle I.

Diese Cylinderchen wurden im Schlagwerk, bei Einhaltung der Bedingung

$$A_1 : A_2 = G_1 : G_2,$$

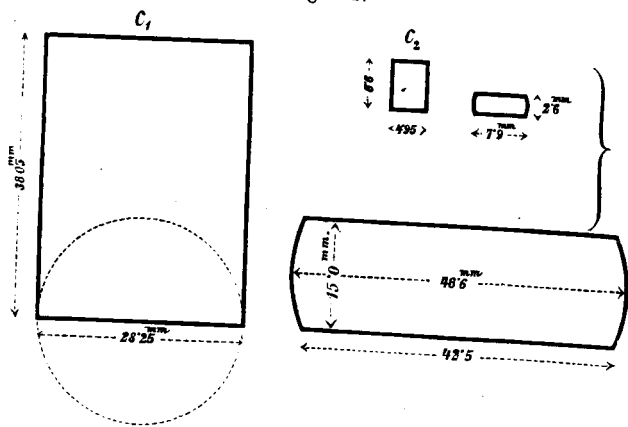
deformirt und das Deformations-Ergebniss mit dem Deformations-Ergebnisse bei den grossen Cylindern verglichen.

Wie die nachstehenden Daten zeigen, ist das Resultat ein vollkommen befriedigendes; die deformirten Stücke blieben genau geometrisch ähnlich.

\*) Derselbe Dampfhammer zeigte bei einer früheren Wägung  $1339^{kg}$  actives Gewicht, welche Differenz sich aus geänderten Reibungsverhältnissen (Stopfbüchse etc.) erklärt.

Fig. 1 stellt die Anfangs- und Endform der Versuchsstücke dar, für welche die Tabelle I die zugehörigen Daten liefert.

Figur 1.



Betrachten wir nun die in der Tabelle II zusammengestellten Versuchsergebnisse, so wird sich nebst Anderem auch die Richtigkeit des eingangs angegebenen Gesetzes ergeben.

Tabelle I.  
Schlagproben mit Kupfercylindern.  
 $A_1 : A_2 = G_1 : G_2 = 194 : 1$ .

$C_1$	$C_1'$	$C_2$	$C_2'$	Gerechnete Dimensionen
Höhe . . . . . = 38·05mm Durchmesser . . . = 28·25mm Gewicht . . . . . = 213·545g Fallhöhe . . . . . = 775mm Actives Fallgewicht = 1300kg	$h = 38·10mm$ $d = 28·25mm$ $g = 213·985g$ $H = 775mm$ $G = 1300kg$	$h = 6·6mm$ $d = 4·95mm$ $g = 1·12g$ Rect. Fallhöhe*) 793mm $G = 6·7kg$	$h = 6·6mm$ $d = 4·95mm$ $g = 1·13g$	$h = 6·57mm$ $d = 4·88mm$ $g = 1·10g$ Für $H = 775mm$ $G = 6·7kg$
Höhe . . . . . = 15·0mm Durchmesser (grösster) = 46·6mm	Abmessungen der deformirten Stücke. $h' = 15·0mm$ $d' = 46·7mm$	$h' = 2·6mm$ $d' = 7·9mm$	$h' = 2·6mm$ $d' = 8·0mm$	$h' = 2·60mm$ $d' = 8·04mm$

\*) Die Fallhöhe ist mit Bezug auf das etwas grössere Gewicht der kleinen Probecylinder nach der Proportion  $A_2 : A_1 = G_2 : G_1$  oder  $775 : x = 1·10 : 1·125$  richtig gestellt. Dass dies vollkommen zulässig ist, erhellt aus der Tabelle II. Indem die Deformations-Form einer Tonne gleicht (s. Fig. 1), ist der grösste Durchmesser jener des Mittelquerschnittes, d. h. des Schnittes, welcher in gleichem Abstände von den Endflächen geführt ist.

Die gleichen Arbeitsgrössen haben die gleichen Formänderungen hervorgerufen, und nachdem dieselbe Thatsache auch bei ähnlichen Versuchen mit Blei beobachtet wurde, so lässt sich der Schluss ziehen, dass bei Schlägen geringe Geschwindigkeitsänderungen ohne Einfluss sind, wenn nur die Schlagarbeit  $A = G \cdot H$  denselben Werth hat. Es bleibt allerdings erst festzustellen, innerhalb welcher Grenzen die deformirende Wirkung von Schlägen nur an die Grösse des Productes  $G \cdot H$  gebunden ist; aber für unsere Dampfhämmer, deren Hub nicht innerhalb sehr weiter Grenzen wechselt, kann sicher hievon Gebrauch gemacht werden\*).

Mit den beiden Versuchsstücken wurde die Probe in der Weise fortgesetzt, dass auf  $C_1$  weitere 20 Schläge ( $6·7kg \times 700mm$ )

\*) Die von der k. k. General-Inspection herausgegebenen „Besonderen Bedingungen für die Lieferung von Achsen aus Schmiedeisen, Puddel-, Bessemer- und Gussstahl“, sollten demnach in dem Satze (S. 4, 5. Alinea): „Beträgt das Gewicht des Fallklotzes mehr als 400kg, so kann die anfängliche Fallhöhe geringer als 5·0m sein, muss aber jedenfalls so gross genommen werden, dass das Fallmoment (NB. hierunter ist irrtümlich  $G \cdot v$  statt  $G \cdot H$  verstanden) gleich ist dem Fallmoment

Bevor wir jedoch die diesbezüglichen Vergleiche anstellen, sei zunächst bemerkt, dass die beiden Cylinder  $C_1$  und  $C_2$  als congruent betrachtet werden können, weil ihre Abmessungen eine völlige Uebereinstimmung zeigten und die Gewichte nur um 22ms (0·1%) differirten. Ihre innere Gleichartigkeit wurde erwiesen, indem sich beide ganz übereinstimmend bei gleicher Inanspruchnahme (Schlag von 1m Höhe durch 6·7kg Gewicht des Fallklotzes) deformirten.

Mit diesen beiden Versuchsstücken wurden nun vergleichende Versuche in der Weise vorgenommen, dass das eine vier Schläge aus 700mm Höhe mit 6·7kg gleich 4·69mk per Schlag erhielt; während dem zweiten Versuchsstücke vier Schläge aus 1372mm Höhe mit 3·4kg gleich 4·66mk per Schlag gegeben wurden. Diese beiden Schlagarbeiten sind als gleich zu bezeichnen, indem die geringe Differenz innerhalb der Fehler liegt, welche der Bestimmung des activen Gewichtes der Fallgewichte anhaften, d. h. innerhalb der Fehler, welche aus den Reibungsverhältnissen, dem Luftwiderstande u. dgl. hervorgehen, und auch von der Geschwindigkeit beeinflusst sind, aber nicht in Rechnung gezogen wurden.

gegeben wurden, während  $C_2$  8 Schläge ( $6·7kg \times 1400mm$ ) von doppelter Wucht erhielt. Man ersieht aus der Tabelle, dass der 5., 10., 15., 20. Schlag auf  $C_1$  sehr nahe das gleiche Ergebniss wie der 2., 4., 6., 8. Schlag auf  $C_2$  hervorbrachte.

Für die gleiche Deformation der congruenten Probestücke wurde bei Anwendung doppelt so starker Schläge eine geringere Totalarbeit verbraucht.

Die Totalarbeit der 8 kräftigen Schläge beträgt nämlich  
 $A = 8 \cdot 1400 \cdot 6·7$ ,  
jene der 20 schwächeren Schläge

$A' = 20 \cdot 700 \cdot 6·7$   
oder es verhalten sich diese Arbeitsgrössen wie

$$A : A' = 16 : 20 = 4 : 5.$$

bei 5·0m Höhe und 400kg schwerem Fallklotze, d. i.  $M = G \cdot s = 4000kgm$  (NB. sollte heissen  $A = G \cdot H = 2000kgm$ ); jedoch soll die Fallhöhe nie unter 3·5m genommen werden, dahin eine Abänderung erleiden, dass das Wort Fallmoment, worunter hier das Product aus Gewicht und Endgeschwindigkeit verstanden wurde, durch das Wort Schlagarbeit, d. i. Gewicht des Schlagklotzes mal Hubhöhe, ersetzt und im Schlussatz statt 3·5 eine 2 gesetzt werden.





Pressung in den correspondirenden Stadien der Deformation eine Constante ist. Denn es lässt sich die Gleichung 2):

$$Q_1 : Q_2 = F_1 : F_2$$

auch schreiben

$$\frac{Q_1}{F_1} = \frac{Q_2}{F_2}$$

Hingegen ist die spezifische Pressung in den verschiedenen Stadien der Formänderung desselben Versuchsstückes verschieden.

Nach Versuchen über die Druckvertheilung im Sande, sowie aus der Betrachtung der durch Pressung deformirten Probestücke lässt sich mit Bestimmtheit sagen, dass in den einzelnen Volum-Differentialen verschiedene Inanspruchnahmen, bald Spannungen, bald Pressungen, je nach der Lage, herrschen müssen. Aber das Gesetz dieser Inanspruchnahmen der Theilchen muss bei geometrisch ähnlichen Körpern gleicher Masse im Momente gleichartiger Formänderung dasselbe sein. Es ist daher die erwähnte spezifische Spannung eine blosse Rechnungsgrösse und kann nur so viel gesagt werden, dass die Spannungen oder Pressungen in den einzelnen Theilchen proportionaler Lage bei nach obigem Gesetz deformirten Körpern die gleichen sein müssen. Es erhellt dies aus folgender Betrachtung.

Fig. 2 stelle die Mittelschnitte zweier geometrisch ähnlicher Kreiscylinder oder jene der tonnenförmigen Deformations-Producte derselben dar.

Figur 2.

Der Vertical-Druck auf die unendlich schmale Ringfläche vom Radius  $x$  sei  $dQ$ , jener auf die analoge Fläche des kleinen Cylinders vom Radius  $x'$  sei  $dQ'$ , so ist

$$\begin{aligned} dQ &= q \cdot 2\pi x \, dx, \\ dQ' &= q' \cdot 2\pi x' \, dx' \end{aligned}$$

und nach früher

$$\int_{x=0}^{x=r} dQ : \int_{x'=0}^{x'=r'} dQ' = Q : Q' = F : F',$$

daher für  $q = q'$

$$dQ : dQ' = 2\pi x \, dx : 2\pi x' \, dx'$$

und integrirt von  $x = 0$  bis  $x = r$  respective  $x' = 0$  bis  $x' = r'$  gibt

$$Q : Q' = \pi r^2 : \pi r'^2 = F : F'$$

wie oben.

Es führt daher unser Gesetz zu der weiteren Folgerung, dass die Inanspruchnahmen der analog liegenden Massenelemente zweier geometrisch ähnlichen und materiell gleichen Probestücke bei gleichartiger Deformation die gleichen sind.

Hieraus aber folgt, dass, falls mit der gleichartigen Deformation eine Aenderung der spezifischen Gewichte der Probestücke verbunden ist, diese Aenderung dieselbe sein muss, ob die Versuchsstücke gross oder klein sind. Proportional dem Volumen ist die aufgewendete Arbeit, und sind mehr Massentheilchen vorhanden, welche eine Dichtenänderung erleiden, so ist eben in demselben Verhältnisse auch mehr Arbeit hierzu vorhanden. Die Dichtenänderung ist mithin unabhängig vom Volumen des Probestückes und nur abhängig von der Art der Formänderung.

Dieser Satz hat natürlich nur Sinn unter Voraussetzung materiell gleicher, geometrisch ähnlicher Probestücke, welche mit gleicher Geschwindigkeit deformirt werden und nach der Deformation wieder geometrisch ähnlich sind. Deformirt man aber z. B. zwei gleichartige, geometrisch ähnliche Probestücke, das eine durch Schläge, das andere durch ruhigen Druck, so wird der geschlagene Körper, z. B. Blei, Kupfer etc. dichter, der blos gepresste aber ändert die Form fast ohne Dichtenzunahme, vorausgesetzt, dass keine Hohlräume, Blasen etc. in demselben vorhanden waren \*).

In Bezug auf die durch den Pressstempel unmittelbar gedrückte Endfläche des Probestückes führt nachstehende Betrachtung zu dem Ergebnisse, dass jedes Element des Stempels mit demselben spezifischen Drucke auf das zu deformirende Object einwirkt.

Es bedeute  $p_x$  den spezifischen Druck in den obbezeichneten Ringflächen von der Breite  $dx$  und  $dx'$  und es sei  $p_x = f(x)$ , so ist

$$\int_0^r 2\pi x p_x \, dx : \int_0^{r'} 2\pi x p_x \, dx = 1 : a^2$$

oder, weil  $r' = ar$  ist,

$$\int_0^{ar} x f(x) \, dx = a^2 \int_0^r x f(x) \, dx \quad \dots \quad 1).$$

Die Frage, welche  $f(x)$  dieser Gleichung entspricht, löst sich nach Prof. Dr. Grünwald durch folgende Betrachtung:

Es ist

$$\int_0^{ar} x f(x) \, dx = \int_0^r a x f(ax) \, d(ax) = a^2 \int_0^r x f(ax) \, dx,$$

daher geht 1) über in

$$a^2 \int_0^r x [f(ax) - f(x)] \, dx = 0,$$

oder, da  $a \geq 0$ , in

$$\int_0^r x [f(ax) - f(x)] \, dx = 0,$$

nach  $r$  differencirt gibt

$$r [f(ar) - f(r)] = 0$$

oder

$$f(ar) = f(r) \quad \dots \quad 2);$$

setzt man nun in dieser Gleichung statt  $r$  der Reihe nach  $ar$ ,  $a^2r$ ,  $a^3r$ , ....  $a^v r$  und addirt diese Gleichungen, so erhält man

$$f(a^v r) = f(r) \quad \dots \quad 3),$$

ebenso auch

$$f(a^{-v} r) = f(r);$$

setzt man nun, je nachdem  $a > 0$  oder  $a < 0$  ist,

$$v = -\infty \text{ und } v = +\infty,$$

so wird in beiden Fällen  $\lim_{v \rightarrow \pm \infty} a^v r = 0$ , mithin

$$f(r) = f(0) = \text{const.}$$

Demnach ist der Druck per Flächeneinheit ( $p_x$ ) auf der ganzen gedrückten Fläche gleich einer Constanten.

Fragen wir uns nun nach der praktischen Anwendbarkeit des Deformations-Gesetzes

$$A_1 : A_2 = V_1 : V_2.$$

Es wären die Hauptdimensionen eines Dampfhammers, Hammergewicht und Hubhöhe, zu bestimmen, damit eine bestimmte, aussergewöhnliche Arbeit hiermit verrichtet werden könne, z. B. ein Schweisspaket geschmiedet werde, welches 1<sup>cm</sup> Querschnitt und 2<sup>m</sup> Länge aufweist.

\*) Näheres hierüber siehe „Technische Blätter“, 1878, Seite 88.

Wir wissen nun z. B. aus Erfahrung, dass zur Bearbeitung eines Schweisspaketes von 20<sup>cm</sup> Höhe und Breite und 40<sup>cm</sup> Länge ein Hammer von 50 Zolcentner Schlaggewicht und 0.5<sup>m</sup> effectiver Fallhöhe vollkommen ausreicht; demnach erhalten wir

$$A_1 : (50 \times 50 \times 0.5^{\text{mkg}}) = 2 : \left( \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{2}{5} \right) = 125 : 1,$$

oder

$$A_1 = 125 \cdot \frac{2500}{2} = 156250^{\text{mkg}}.$$

Wir haben nun die Maximalarbeit eines Schlages gegeben und werden uns die Factoren (Hubhöhe und Hammergewicht) so wählen, dass rationelle Cylinder-Dimensionen resultiren, etwa  $H = 1.5$ , denn der Totalhub muss noch auf die Packetgrösse Rücksicht nehmen und wäre etwa zu 2.2 bis 2.5<sup>m</sup> anzunehmen, und

$$G = 104166^{\text{kg}} \doteq 2083 \text{ Zolcentner}.$$

Es ist hierdurch eine Aufgabe gelöst, welche nach den bisherigen Theorien keine Auflösung zulies.

2. Beispiel. — Ein Schiff sei mit Panzerplatten armirt von 45<sup>cm</sup> Dicke. Welches Geschoss vermag dasselbe zu durchlöchern?

Diesbezügliche Versuche liegen vor, wenn selbe mir auch nicht zugänglich sind und daher allgemeine Zeichen hier in Rechnung gestellt erscheinen. Wir nehmen also an, dass zur Durchschlagung einer 15<sup>cm</sup> dicken Platte ein Geschoss bestimmter Form von  $G^{\text{kg}}$  Gewicht und  $v^{\text{m}}$  Geschwindigkeit, also die Arbeit  $\frac{G v^2}{2 g}$  erforderlich sei. Mithin findet sich die fragliche Arbeit

$$A = \left( \frac{45}{15} \right)^3 \frac{G v^2}{2 g}$$

unter der Voraussetzung, dass das neuerdings angewendete Geschoss dem ersten geometrisch ähnlich sei und mit gleicher Geschwindigkeit am Ziele anlange. Unter dieser Voraussetzung braucht man zur Durchschliessung einer dreimal so dicken Platte ein 27mal schwereres Geschoss.

Natürlich könnte die Aufgabe auch umgekehrt gestellt sein; es könnte die Stärke der Panzerung gerechnet werden, damit sie der Einwirkung eines Geschosses neuer Intensität standhält.

3. Beispiel. — Es sei eine Uhlhorn'sche Prägemaschine für eine Münzengrösse zu construiren, welche bisher auf diesen Maschinen nicht geprägt wurde.

Der Arbeitsaufwand  $A_1$  dieser Maschine (also auch Riemen-scheibengrösse, Stempeldruck etc.) kann für eine gangbare Münzengrösse, z. B. von 20<sup>mm</sup> Durchmesser, an den ausgeführten Maschinen erhoben werden. Handelt es sich nun Medaillen von z. B. 100<sup>mm</sup> Durchmesser zu prägen, so ist die hierzu erforderliche Arbeit  $A_2 = 125 A_1$ , mithin gefunden; ebenso stellt sich der erforderliche Stempeldruck  $D_2 = 25 D_1$ , wenn mit  $D_1$  der Druck auf die 20<sup>mm</sup> Münze verstanden ist. Es könnte vielleicht überaus raschen, dass die Arbeit  $A_2$  so gross sich stellt. Man reducirt aber in solchen Fällen den Arbeitsaufwand leicht, indem man von der neuen Presse eine geringere Lieferung verlangt, z. B. statt 30 Stück Münzen per Minute nur 5 Stück Medaillen in derselben Zeit. Wodurch  $A_2 \doteq 21 A_1$  sich stellen würde.

Es liessen sich noch mannigfache directe Anwendungen aufzählen, aber weit wichtiger ist, dass nach dem Gesetze durch Versuche im Kleinen rechnungsmässige Schlüsse auf den Arbeitsaufwand im Grossen gezogen werden können. Dies berechtigt zu einem rationellen technologischen Experimentiren ebensowohl, wie die Einführung der Waage zu einem vernünftigen chemischen Experimentiren den Weg eröffnete.

Es hat seine unlängbare Schwierigkeit, ein praktisches Maass für die Grösse einer Formänderung zu finden, welche in Folge des Fliessens der Theilchen eintritt.

Der Arten der Formänderungen sind unendlich viele und man kennt bei den einfachsten die inneren Vorgänge hierbei nur in den oberflächlichsten Umrissen; ebenso ist der Widerstand bei gleicher Formänderung verschieden nach dem Materiale des deformirten Körpers und nach der Geschwindigkeit, mit welcher die Deformation erfolgt. Hierzu gesellt sich der Umstand, dass manche Massen ihre Widerstandsfähigkeit bei gewissen Bearbeitungen ändern. So weiss man, dass Schmiedeeisen, Messing, Kupfer etc. „hartgeschlagen“ werden können, dass Porzellanmasse und selbst Thon unter hohem Druck Wasser abgibt und widerstandsfähiger wird u. s. w.

Diese Schwierigkeiten vorausgeschickt, wird es erklärlich erscheinen lassen, dass die nachstehenden Verhältnisszahlen, welche den Arbeitswiderstand einiger Materialien darstellen und bei Schlagversuchen mit dem Volumen und der Gestalt nach gleichen, der Materie aber verschiedenen, gleich weit deformirten Probestücken erhalten wurden, nur als Näherungszahlen von Werth sind.

Setzt man den Arbeitswiderstand des Kupfers, wie solches in Stehbolzenstangen in vorzüglicher Homogenität sich findet, gleich der Einheit, respective = 1000, so findet man nachstehende

Verhältnisszahlen des Arbeitswiderstandes:

Kupfer, kalt . . . . .	1 oder 1000
Kupfer, glühend . . . . .	$\frac{1}{2} - \frac{3}{5}$ „ 550
Zinn (reines) kalt . . . . .	$\frac{1}{2}$ „ 500
Blei (reines) kalt . . . . .	$\frac{1}{2} - \frac{1}{4}$ „ 77
Schmiedeeisen (mittelgut) kalt . . . . .	$4 - 4\frac{1}{2}$ „ 4200
„ „ kirschroth glühend	
(purpurroth) . . . . .	1 „ 1000
„ „ hellroth glühend	
(fast gelb) . . . . .	$\frac{4}{7} - \frac{6}{7}$ oder 570—860
„ „ weissglühend (fast	
Schweisshitze) . . . . .	$\frac{2}{5}$ oder 400

Aus diesen Zahlen lässt sich z. B. bestimmt folgern, dass es nicht zulässig ist, eine zur Bearbeitung glühenden Schmiedeeisens bestimmte Mutternpresse etwa zur Probe auf Blei arbeiten zu lassen, wie dies auf der Pariser Weltausstellung 1878 bei der Mutterstanzmaschine von Le Blanc in Paris der Fall war, welche, so schön sie auch in Blei arbeitete, von der Berliner Façonschmiede- und Schraubenfabriks-Actiengesellschaft als unbrauchbar verworfen wurde.

Ob jene Verhältnisszahlen für die verschiedensten Formveränderungen Geltung haben, muss erst durch Versuche gesucht werden, denn sie sind nur bei Schlagproben mit je einem Schlage gefunden und haben daher auch nur hier directe Geltung.

## Literatur.

Les chemins de fer en Amérique par E. Lavoigne, Ingénieur en chef des ponts et chaussées, et E. Pontzen, Ingénieur, ancien élève de l'école des ponts et chaussées. Tome 1<sup>er</sup> — construction, un beau volume gr. 8<sup>o</sup> et atlas de 39 planches — Paris, Dunod 1880.

Die nordamerikanischen Bahnen sind schon zu wiederholten Malen zum Gegenstande des eifrigsten Studiums seitens europäischer Ingenieure gemacht worden. Jedoch behandeln die darüber in England, Frankreich, Deutschland und Oesterreich veröffentlichten Werke vorwiegend technische Fragen und auch von diesen nicht alle in das Gebiet des Eisenbahnbaues gehörige.

Im Gegensatz zu diesen Arbeiten umfasst das vorliegende Werk nicht nur sämtliche Materialien des Bahnbaues, sondern zollt auch der culturhistorischen Bedeutung der nordamerikanischen Eisenbahnen, die verdiente Würdigung. Wir begrüßen in letzterer nicht nur eine willkommene Zugabe, sondern auch ein für die Vollständigkeit des Werkes unentbehrliches Moment, welches in treffender Weise den hervorragenden Einfluss, den die Eisenbahnen als wichtiges civilisatorisches Element sowohl auf die rasche Entwicklung, als auch auf die politische Gestaltung der nordamerikanischen Freistaaten geübt haben.

Mit Rücksicht auf diese generelle Auffassung und die vielseitige Behandlung des gewählten Stoffes können sich die Verfasser rühmen, eine Arbeit geliefert zu haben, welche an Vollständigkeit und Gründlichkeit bezüglich der gewählten Materialien nichts zu wünschen übrig lässt; wie eine nur flüchtige Analyse des Inhaltes belehren wird.

Als treffliche Orientirung über das Wesen und die Bedeutung der Bahnen für die politische und wirtschaftliche Gestaltung Nordamerika's dient die Einleitung, sowie der geographische und geschichtliche Abriss über Entstehung und Entwicklung der Bahnen in den Vereinigten Staaten, sowie in den grossbritannischen Besitzungen; die Orientirung wird dabei durch eine treffliche Eisenbahnkarte Nordamerika's ( $\frac{1}{1000000}$ ) erleichtert.

Der den technischen Wissenschaften gewidmete Abschnitt enthält vier Theile, in welchen der Reihe nach Unterbau, Oberbau, Stationen und Signale, dann Gesteungskosten (prix de revient) behandelt werden. Ein Anhang endlich bietet, als willkommene Ergänzung des in früheren Capiteln Gesagten, wissenschaftliche Daten statistischen, mathematischen und anderen Inhaltes.

Die den ersten drei Theilen eingefügten Capitel besprechen in systematischer und wissenschaftlicher Weise die Materialien des Bahnbaues und führen in gedrängter und gerundeter Sprache das Wissenswerthe vor die Augen des Lesers, welcher in jedem einzelnen Capitel ein abgeschlossenes Ganze begrüsst, dessen Leitfaden im Allgemeinen folgender ist:

Nach einer allgemeinen Charakteristik über den Stand der Ausbildung des betreffenden Faches in Amerika gegenüber dessen Entwicklungsgrad in Europa, werden die üblichen Systeme in der eingehendsten Weise beschrieben, deren Vor- und Nachtheile, deren Herstellung und Kosten etc. erörtert und endlich durch die interessantesten Beispiele von ausgeführten Arbeiten illustriert. Statistische Daten und tabellarische Zusammenstellungen über die für den Techniker besonders wichtigen Elemente, Urtheile kompetenter Fachmänner über ältere und neuere Systeme und die fleissige Benützung einschlägiger Werke und Veröffentlichungen in Amerika und Europa geben lebhaftes Zeugnis von dem gewissenhaften Bestreben der Autoren, die verschiedenen Fächer des Eisenbahnbaues ebenso erschöpfend, als dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechend zu behandeln. Eine reiche Sammlung von Zeichnungen, ausgeführt in passendem Massstabe und enthaltend alle wissenschaftlichen Details, dient als vorzügliche Illustration der im Texte gegebenen Beschreibungen und Ausführungen.

Von besonderem Interesse dürfte das durch Umfang und Bearbeitung hervorragende Capitel (V) der Brücken sein. Mit den Holzbrücken beginnend, deren Typen selbst in Europa mannigfache Anwendung gefunden haben, wird zu den Eisenbrücken übergegangen und die Entwicklung der letzteren aus den ersteren nachgewiesen, sowie die Ursachen erörtert, welche zu der raschen Vermehrung der Eisen-Constructionen in den Jahren 1870—1872 geführt haben. Nun kommen die hauptsächlichsten Systeme derselben und die wissenschaftliche Besprechung der zur Geltung kommenden Elemente an die Reihe, von den gewöhnlichen Brücken angefangen, bis zu den Viaducten und Drehbrücken, um schliesslich zu einer eingehenden und kritischen Vergleichung der in Amerika und Europa üblichen Brücken-Constructionen zu führen. Den Schluss des Capitels bilden zwei Tabellen, von denen die eine 34 in Amerika und die andere 27 in Europa ausgeführte Brücken mit den für den Techniker wichtigsten Daten enthält. Es ist selbstverständlich, dass die vorgeführten Beispiele nach System, Ausführung und Spannweite zu den bemerkenswerthesten in den beiden Hemisphären gehören.

Die einen so wesentlichen Theil des Brückenbaues bildende Fundirung der Pfeiler bildet das nächste Capitel (VI) und illustriert die in Amerika üblichen Systeme durch eine grosse Reihe von Objecten, deren Fundirung mit besonderen Schwierigkeiten verbunden war. Auch diesem Capitel ist eine Tabelle mit den bemerkenswerthesten Daten über die auf Röhren fundirten Brücken in Amerika und Europa beigegeben.

So sehr der durch System und Ausführung bemerkenswerthe Brückenbau in Amerika von jeher für die europäischen Ingenieure mustergiltig war, ebenso bildete der in Europa trefflich gepflegte Tunnelbau (Capitel VII), namentlich seit der Durchstechung des Mont Cenis, eine vorzügliche Schule für unsere transatlantischen Collegen, welche nicht säumten den mechanischen Bohrmitteln, selbst bei Tunnels von geringer Länge, eine allgemeine Anwendung zu sichern. Die zwei nächsten Capitel (VIII und IX), welche Schutzmittel gegen den Schnee, sowie Wegübergänge behandeln, enthalten treffliche Winke zur Nachahmung für unsere europäischen Bahnen.

Ein flüchtiger Rückblick auf den kurz skizzirten I. Theil des Werkes belehrt uns, dass sich die amerikanischen Ingenieure bei dem Unterbau ebensowohl nach der Bedeutung der verfügbaren Hilfsmittel, als nach den Bedürfnissen des Verkehrs und den besonderen Bedingungen der durchfahrenen Länder zu richten wissen.

Den gleichen praktischen Sinn bewähren die amerikanischen Ingenieure auch bei dem Oberbau. Hier geht ihre doppelte Tendenz dahin, einmal die Herstellung des Geleises auf das für den Zugverkehr unbedingt Nothwendige zu beschränken, insoweit als die verfügbaren Mittel nicht ein Mehreres gestatten und in demselben erst später und allmählig alle Vervollkommnungen einzuführen, deren Kosten durch die zu erwartenden Vortheile gedeckt werden können. Die detaillirte Behandlung, welche in dem II. Theile den Elementen des Oberbaues, sowohl auf offener Bahn, als auch in den Stationen geschenkt wird, und die Erwähnung zahlreicher Beispiele illustriren auf das Beste die allmähliche Einführung der als zweckmässig erkannten Verbesserungen. Diesen für die amerikanischen Bahnen besonders charakteristischen Zug treffen wir auch bei der Anlage der Stationen (III. Theil), deren Baulichkeiten — die wenigen in den östlichen Grossstädten kürzlich errichteten Bahnhöfe ausgenommen — in einer Weise ausgeführt sind, welche in Europa nur als provisorisch geduldet würden. Aber dieser Sparsamkeitssinn wird von dem reisenden Publicum vollkommen gebilligt, welches erkennt, dass die Bahn das erste durch den Betrieb gewonnene Geld zu der Vervollkommnung der Fahrgeleise und des Rollmaterials zu verwenden und erst in zweiter Reihe an die Verbesserung und Verschönerung der Station zu schreiten habe. Letzteres geschieht jedoch überall, wo es die unwirthlichen Verhältnisse der durchfahrenen Strecken (Linien der Union und der Central-Pacific) gebieterisch erheischen, und dann säumen die Gesellschaften nicht, durch Errichtung von Hotels und Restaurants in der nächsten Nähe der Bahnhöfe den Reisenden jeden möglichen Comfort zu bieten.

Als eigenthümlich in den amerikanischen Stationen finden wir die Abwesenheit von Drehscheiben (erklärt durch die grosse Länge der Waggons) und die grosse Freiheit des Betretens und Passirens der Stationen von Fussgängern und Wagen. Die Einrichtungen für den Warenverkehr bestehen im Allgemeinen in billig gebauten Schuppen aus Holz, leicht zu vergrössern und umzustellen, unter welchen die Güter ihre Ladung oder Entfernung abwarten. Diese Schuppen dienen in der Regel nur als Lagerhäuser, da die amerikanischen Bahn-Gesellschaften nur 24 Stunden Lagerfreiheit gestatten. Die Austattung der Geleise und Gebäude geschieht nach Bedürfniss, und ebenso die Reduction, wenn eine Station an Bedeutung abzunehmen beginnt. Da sich unter solchen Umständen die Gesamtanlage nach den wechselnden Bedürfnissen der Oertlichkeit und des Verkehrs richtet, so ist es erklärlich, dass es in Amerika bestimmte Stationstypen, wie auf dem europäischen Continente, nicht gibt. Deren Anlage kann daher nur durch Vorführung von Beispielen erklärt werden. Dieses geschieht nun durch eine namhafte Zahl von grossen, mittleren und kleinen Stationen in ausführlicher Weise.

Das Signalwesen der amerikanischen Bahnen bietet bei Weitem nicht das gleiche Interesse, wie die übrigen Dienstzweige. Seine Bedeutung wächst mit der Wichtigkeit der Linien, und es gibt deren, bei welchen die in Europa für unentbehrlich gehaltenen Signale vollkommen mangeln. Wenn dieser Stand der Dinge trotzdem zu keinen Unfällen Veranlassung gibt, so findet dieses die hauptsächlichste Erklärung in der ausgiebigen Anwendung des Telegraphen und der Benützung energischer Bremsmittel. Es bleibt zu erwähnen, dass seit einigen Jahren die amerikanischen Ingenieure sich ganz besonders mit dem Studium der Signale beschäftigen, zu deren Bewegung ebensowohl Elektrizität, als comprimirt Luft verwendet werden soll.

Wir kommen zu dem IV. Theile, in welchem die Gesteungskosten behandelt werden. Die Bestimmung dieses für den Bau-Ingenieur so interessanten Elementes ist in Amerika schwieriger, als in irgend einem anderen Staate. Denn nicht nur bieten die durchfahrenen Länder sowohl in topographischer Hinsicht, als auch in Bezug auf verfügbare Baumaterialien, Arbeitskräfte und Capitalien die grössten Verschiedenheiten, sondern haben sich Einwanderungen, Bürgerkrieg und Handelskrisen vereinigt, um die ökonomischen Bedingungen für den Bahnbau gründlich zu verändern. Es ist daher nicht zu wundern, dass die Herstellungskosten per Kilometer in den weitesten Grenzen schwanken, und bei den meisten Bahnen in dem Zeitraume von 30 Jahren auf das doppelte gestiegen ist.

Die erschöpfende Darstellung und systematische Behandlung der zum Bahnbaue gehörigen Materialien machen das Werk nicht nur zu einem interessanten Compendium für den Techniker überhaupt, sondern Lehranstalten, welche wohl der Fortschritte der amerikanischen Ingenieure auf dem Gebiete des Bahnbaues nicht entzählen können, ohne sich des Vorwurfes der Lückenhaftigkeit schuldig zu machen.

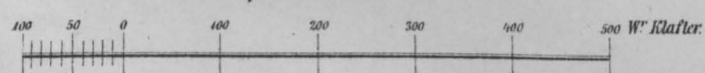
Triest, im Februar 1880.

Fried. Bömches.

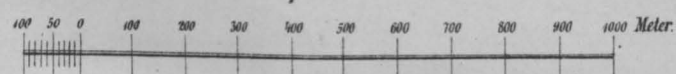




Maßstab 1" = 200'



Meter Maßstab 1:14400

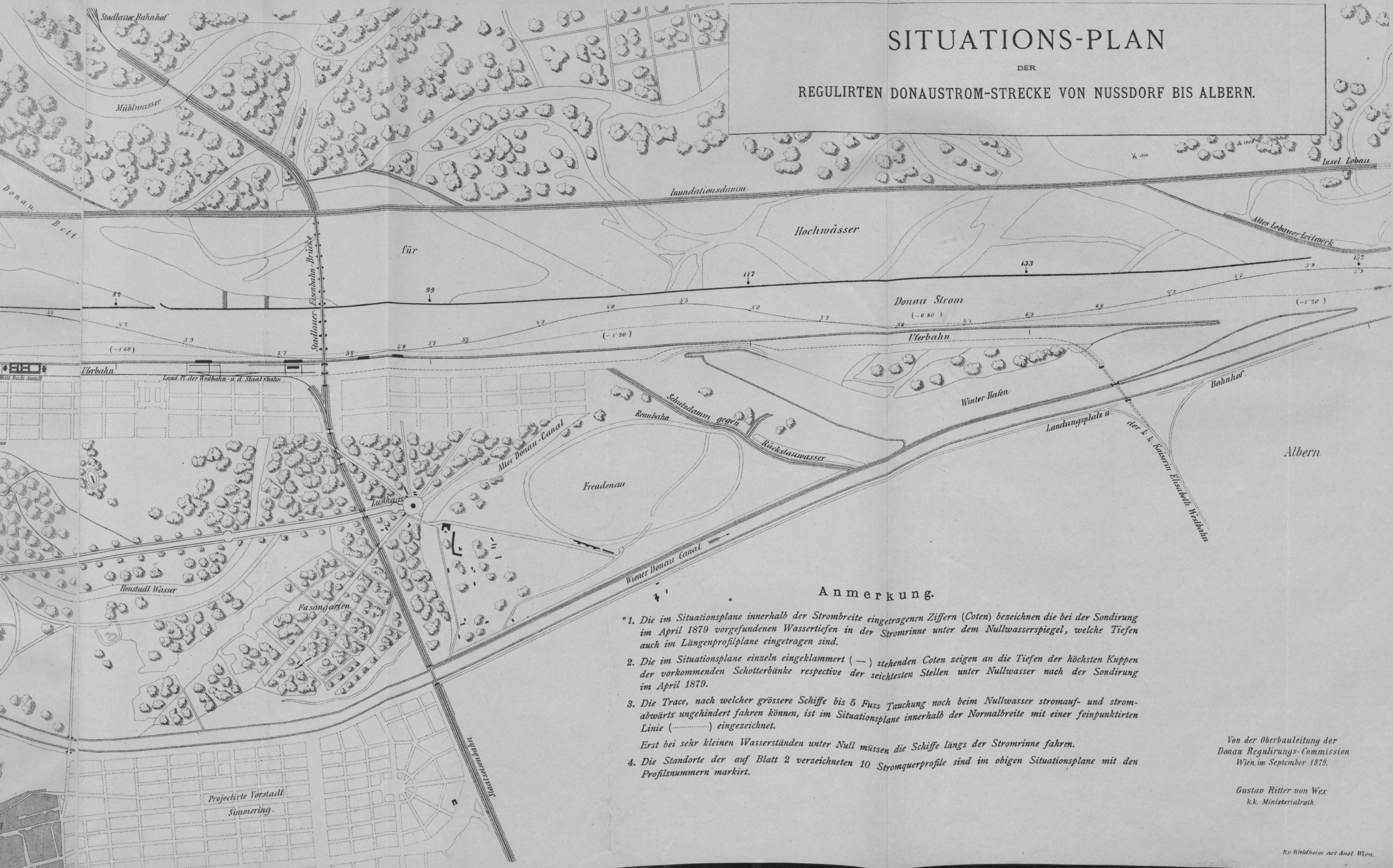




## SITUATIONS-PLAN

DER

REGULIRTEN DONAUSTROM-STRECKE VON NUSSDORF BIS ALBERN.



A n m e r k u n g.

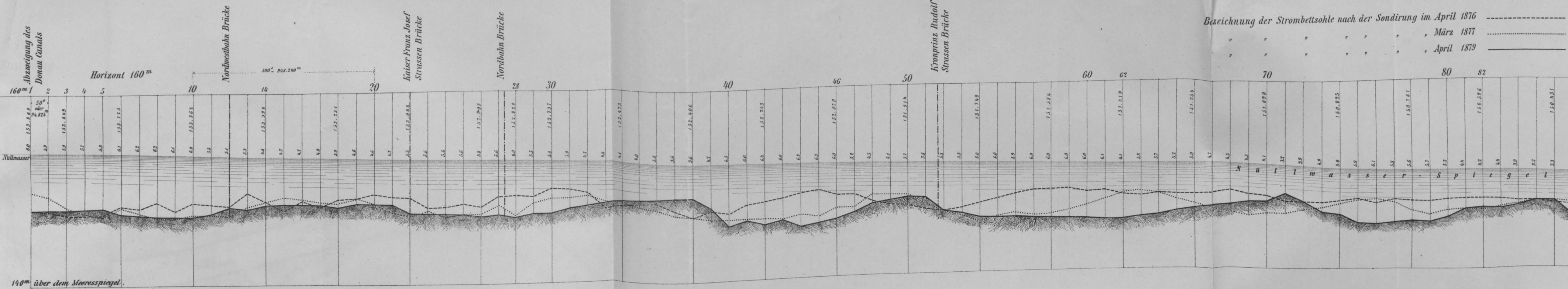
- \* 1. Die im Situationsplane innerhalb der Strombreite eingetragenen Ziffern (Coten) bezeichnen die bei der Sondirung im April 1879 vorgefundenen Wassertiefen in der Stromrinne unter dem Nullwasserspiegel, welche Tiefen auch im Längenprofilplane eingetragen sind.
2. Die im Situationsplane einzeln eingeklammert ( — ) stehenden Coten zeigen an die Tiefen der höchsten Kuppen der vorkommenden Schotterbänke respective der seichtesten Stellen unter Nullwasser nach der Sondirung im April 1879.
3. Die Trace, nach welcher grössere Schiffe bis 5 Fuss Tauchung noch beim Nullwasser stromauf- und stromabwärts ungehindert fahren können, ist im Situationsplane innerhalb der Normalbreite mit einer feinpunktirten Linie (.....) eingezeichnet.  
Erst bei sehr kleinen Wasserständen unter Null müssen die Schiffe längs der Stromrinne fahren.
4. Die Standorte der auf Blatt 2 verzeichneten 10 Stromquerprofile sind im obigen Situationsplane mit den Profilsnummern markirt.

*Von der Oberbauleitung der  
Donau Regulirungs-Commission  
Wien, im September 1879.*

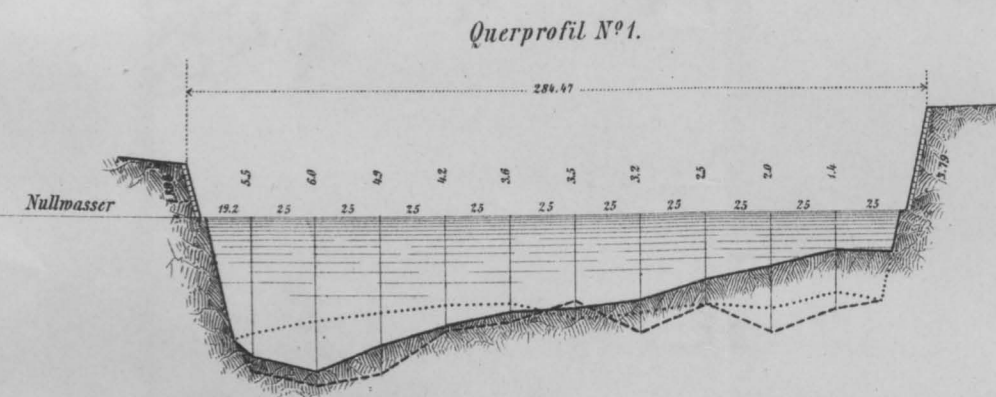
*Gustav Ritter von Wex*  
k.k. Ministerialrath.



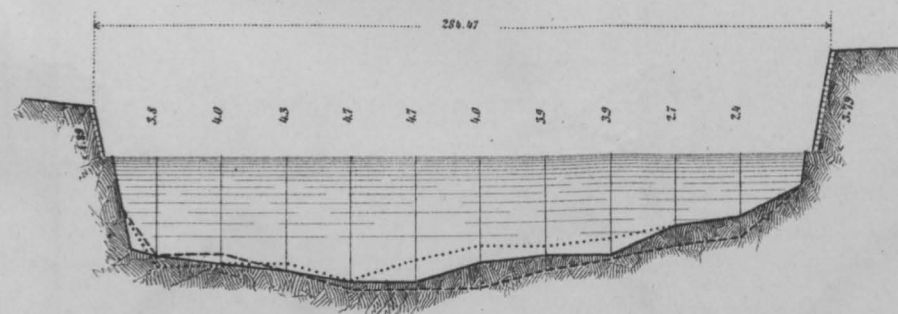
LÄNGENPROFIL DES DONAUSTROMES IN DER REGULIRTEN STRECKE VON NUSSDORF BIS KAISER I



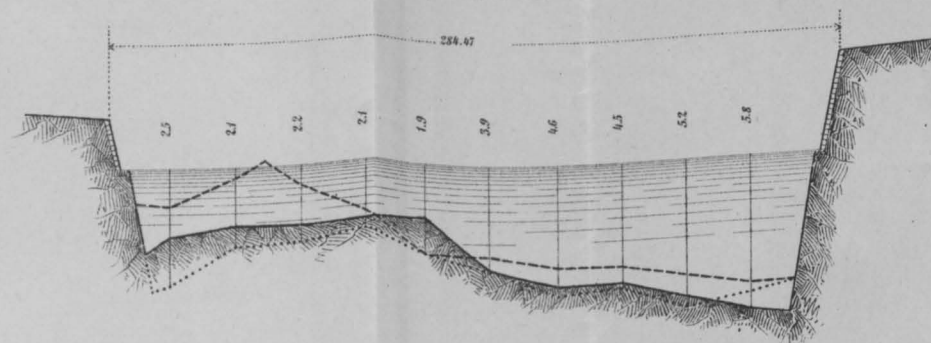
Querprofile des Strombettes.



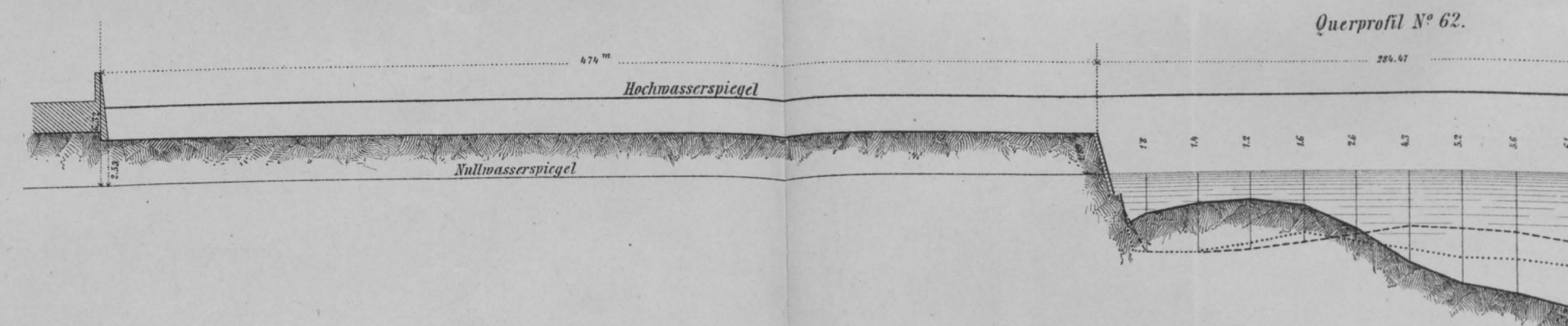
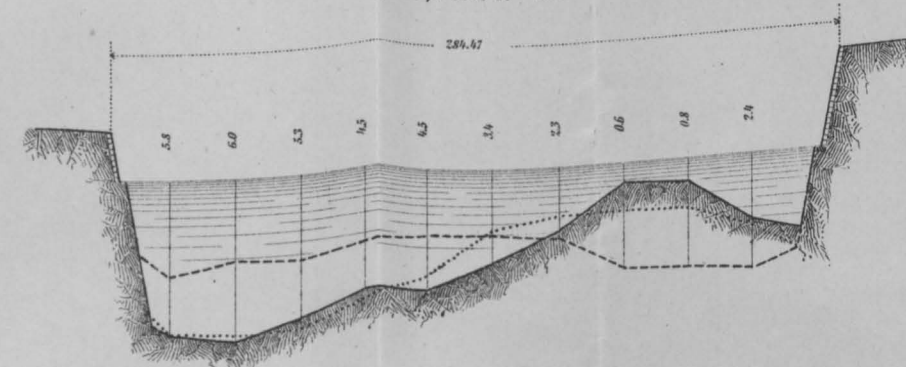
*Querprofil N<sup>o</sup> 14.*



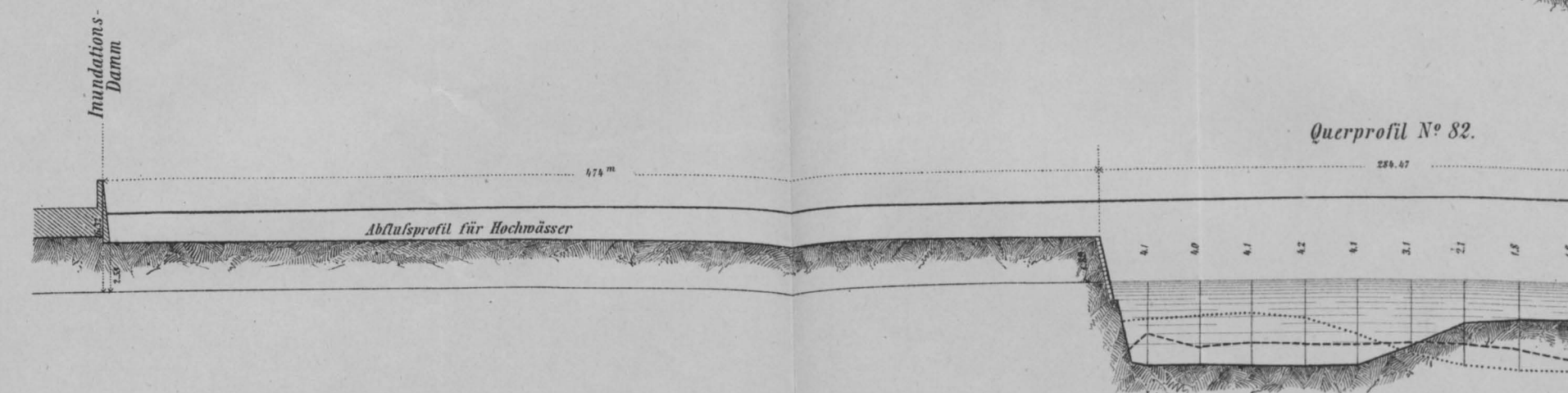
*Querprofil N° 28.*



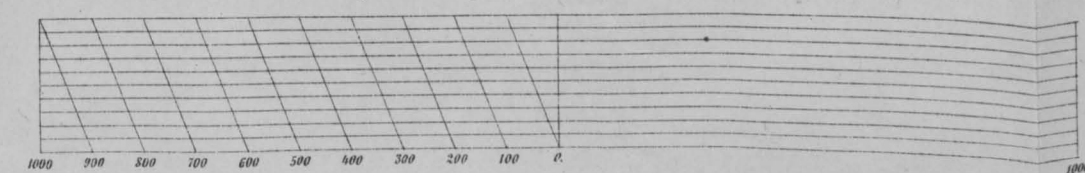
*Querprofil N° 46.*



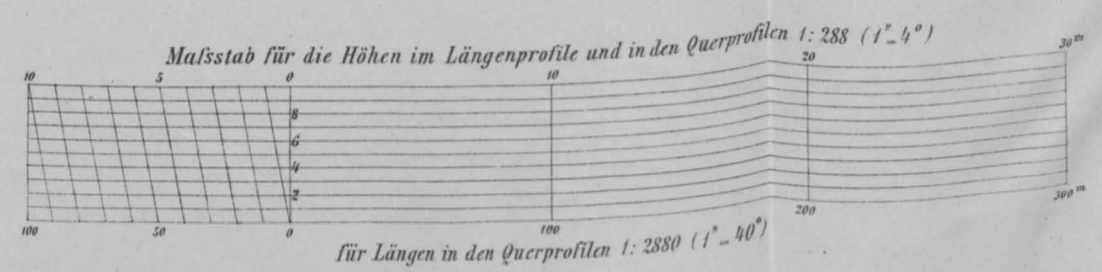
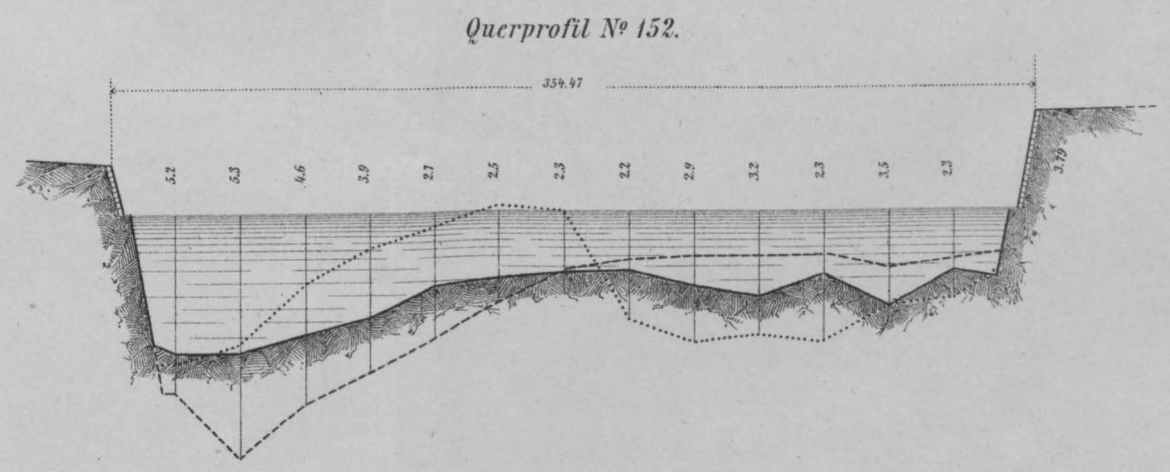
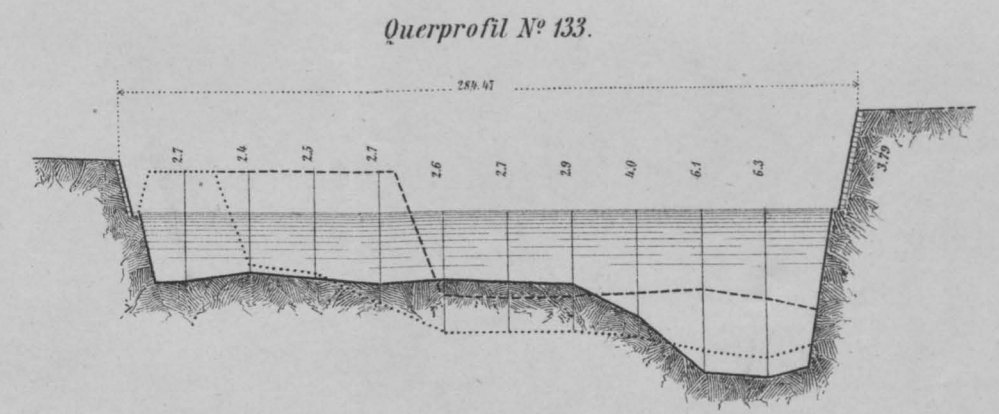
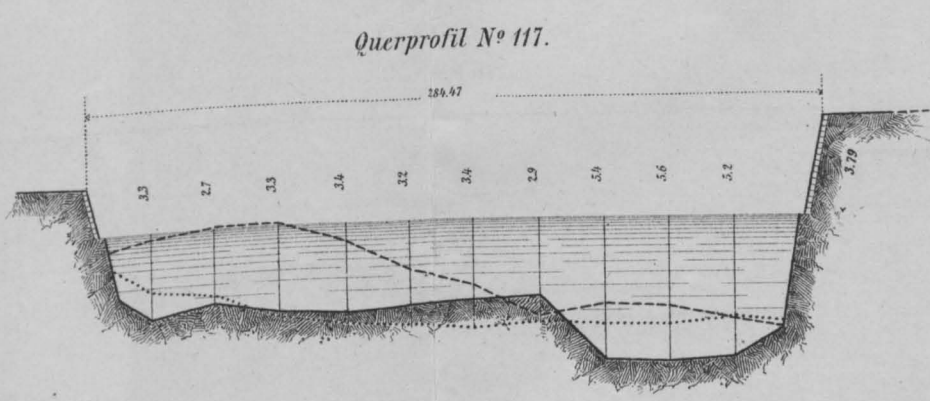
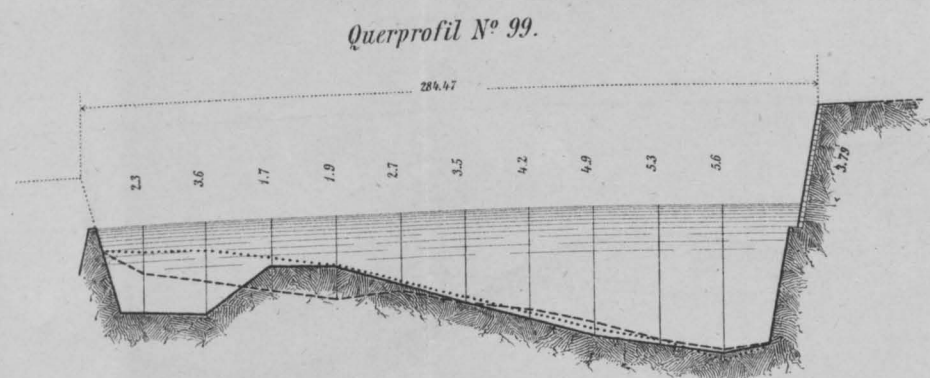
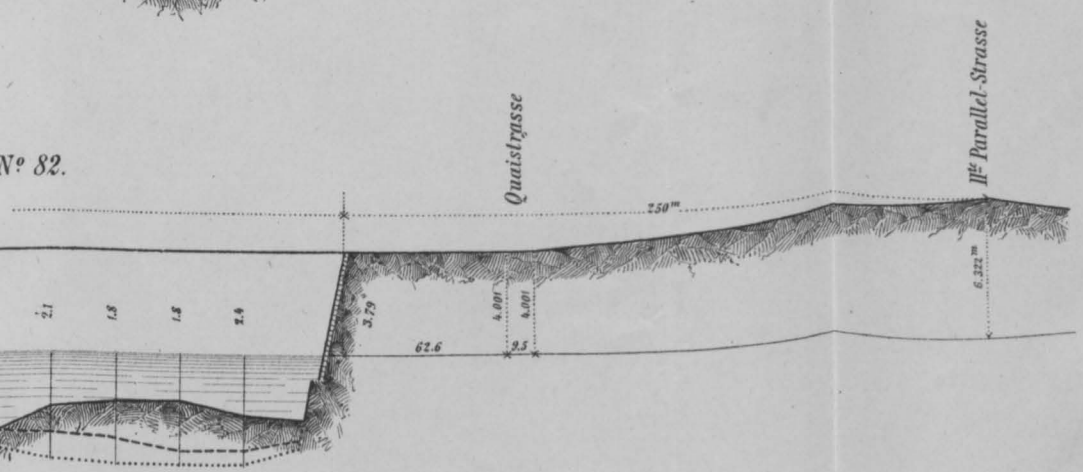
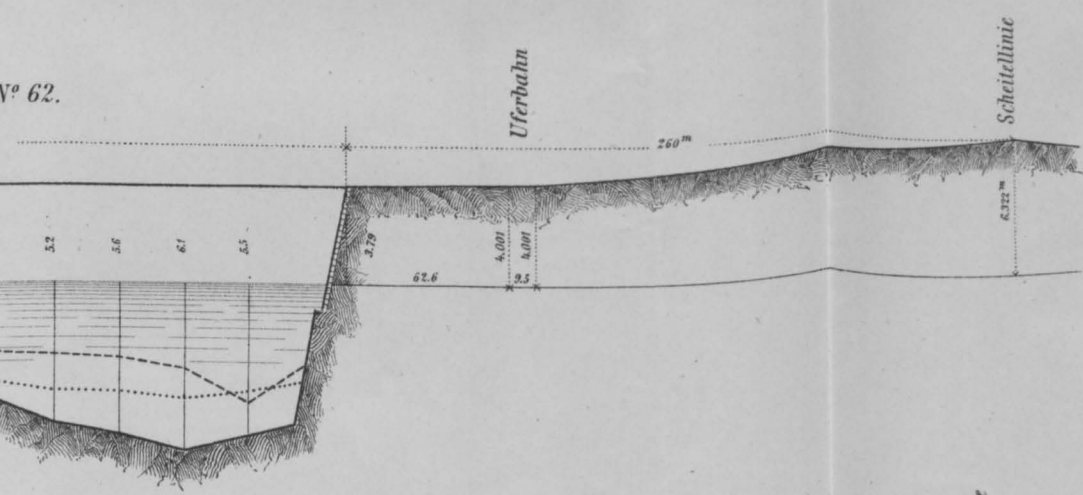
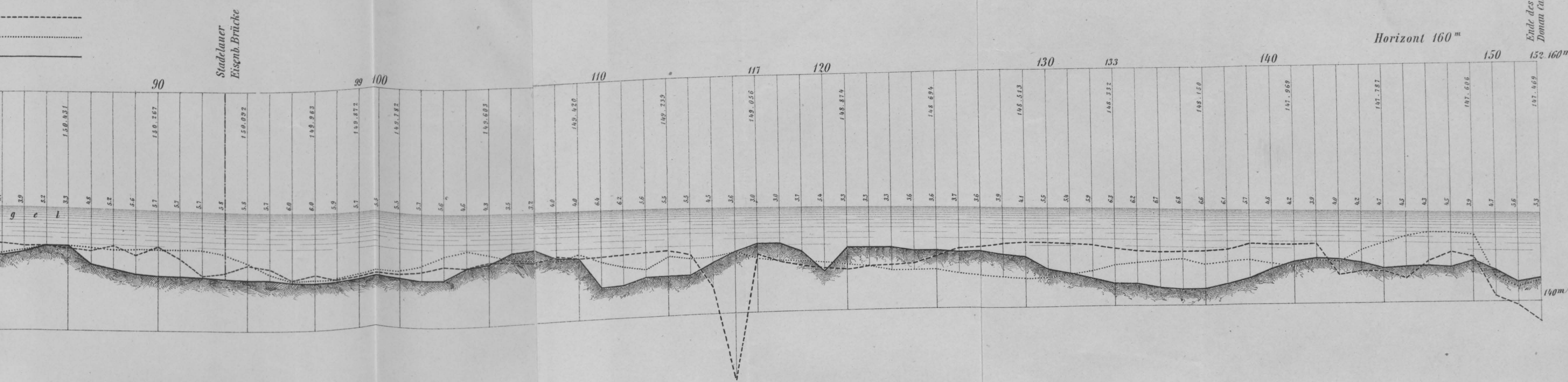
*Querprofil N° 82.*



Malsstab für die Längen im Längenprofil und für die Situation 1:14 400 (1"-200')





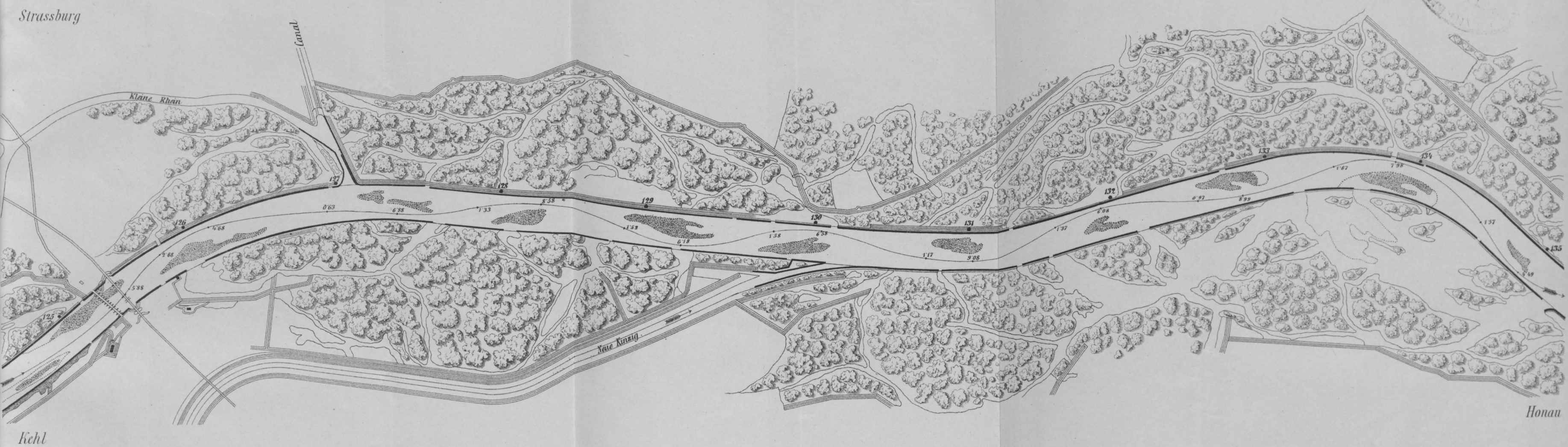


Von der Oberbauleitung der  
Donau Regulierungs-Commission  
Wien, im September 1879.  
Gustav Ritter von Wex  
k.k. Ministerialrath.

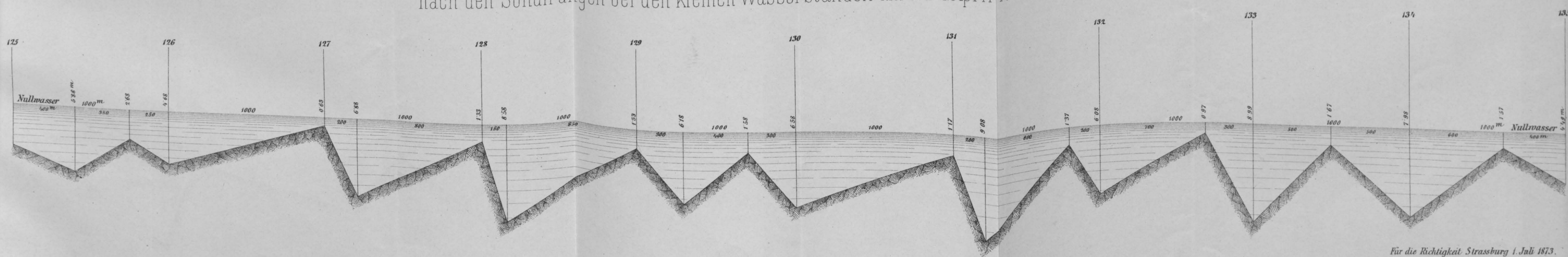


# SITUATION DES THALWEGS DES RHEINS VON STRASSBURG-MAXAU.

## Theilstrecke Strassburg-Wanzenau.



Längenprofil des Thalwegs (Stromrinne) des Rheins, von der Kehler Schiffbrücke (Kil. 125) bis Wanzenau (Kil. 135).  
nach den Sondirungen bei den kleinen Wasserständen am 3. u. 4. April 1873 von +0.42<sup>m</sup> Str. Pg.



Die Thalwegs-Tiefen sind reduziert auf  
0. Strassburger Pegel.

Masstäbe.  
für die Situation und die Längen im Längenprofil.  
1 : 20000.

für die Tiefen im Längenprofil.  
1 : 288.  
(der gleiche Masstab wie beim Längenprofil der Donau.)

Für die Richtigkeit Strassburg 1. Juli 1873.  
Der Wasserbau - Director  
gez. Grebenau.

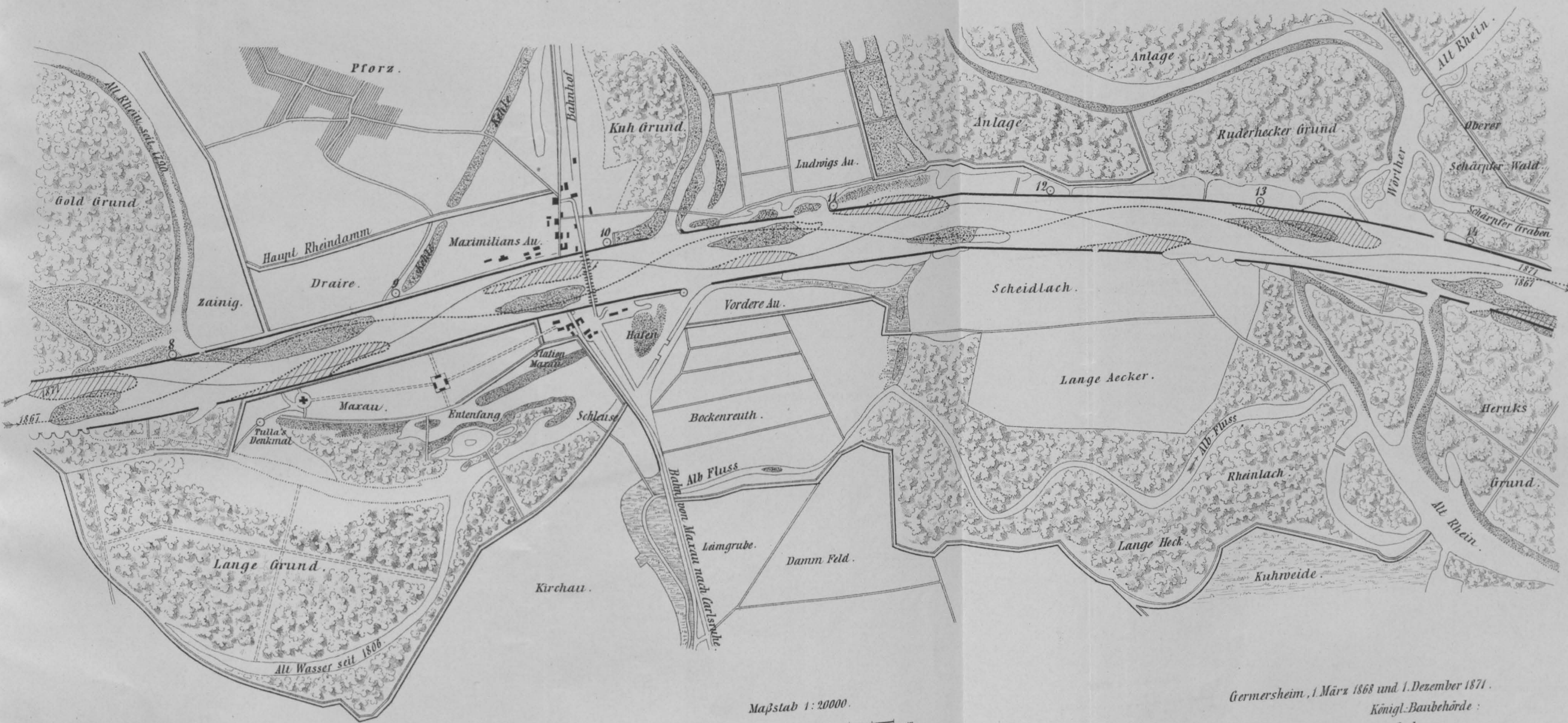
K.v. Waldheim art. Anst. Wien.



# PLAN DES RHEINES VOM DAXLANDER BIS ZUM WÖRTHER DURCHSTICH SAMMT KIESBÄNKEN UND THALWEG

Bl. 7.

nach dem Stande vom 1. Juni 1867 und vom 1. Dezember 1871.



Germersheim, 1. März 1868 und 1. Dezember 1871.  
Königl. Baubehörde:  
gez. Grebenau.

Vorrücken der Kiesbänke im Mittel = 1191<sup>m</sup> in 4½ Jahren.

" " " = 265<sup>m</sup> in 1 Jahr.

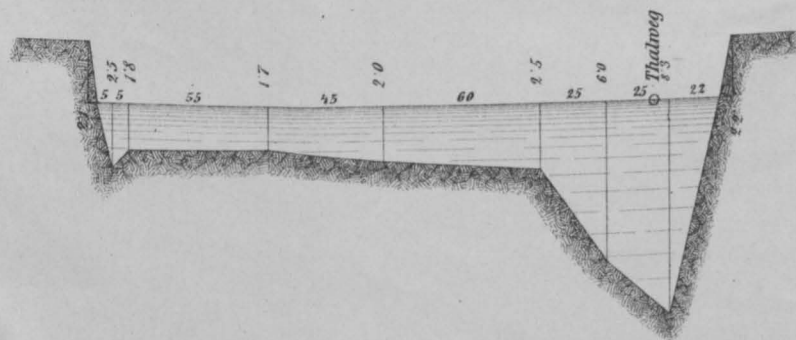
Bezeichnung der Lage der Schotterbänke im Jahre 1867.

" " des Thalweges " "

" " der Schotterbänke im Jahre 1871.

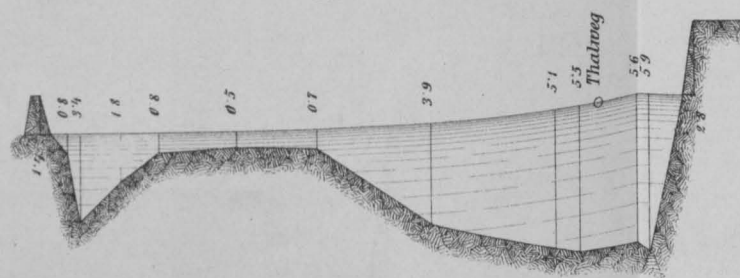
" " des Thalweges " "

im Pforzer Durchstich.  
Pfahl 10.



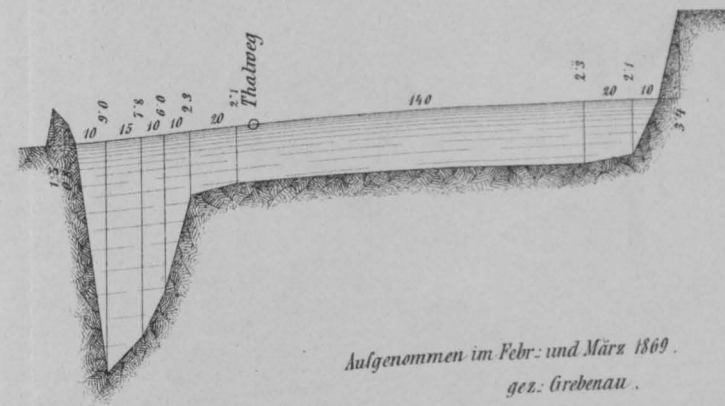
Querprofile des Strombettes

Pfahl 10<sup>5</sup>



im Knielinger Durchstich.

Pfahl 11.



Aufgenommen im Febr. und März 1869.  
gez. Grebenau.

Maßstab.  
10<sup>m</sup> für Höhen = 1:288  
100<sup>m</sup> für Längen 1:2880  
(der gleiche Maßstab wie für die Querprofile der Donau.)

R. v. Walzheim. art. Anst. Wien.



